

ANALISIS KEKERASAN *HAMMER MILL* SEBAGAI ALAT PEMECAH BATU SPLIT

Rosyidin Syufani¹, Achmad Yoswara²

Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung

Abstrak

Baja mangan austenitik biasanya dibuat dengan proses pengecoran, namun hasil proses pengecoran ini memiliki sifat yang cukup getas serta ketangguhan dan keuletan yang masih rendah akibat adanya karbida. Karakterisasi bahan sangat diperlukan untuk dapat memproduksi *Hammer mill pemecah batu split*, karakteristik bahan yang meliputi sifat mekanik terutama kekerasan untuk memenuhi kekerasan tersebut maka dilakukan *Solution heat treatment* dilakukan pada temperatur 1050 °C dengan variasi *holding time* selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam, dilanjutkan dengan pendinginan cepat menggunakan media pendingin air. Tempering dilakukan pada temperature 570 °C selama 1 jam, bertujuan untuk memperbaiki ketangguhan dari material tersebut. proses perlakuan panas *heat treatment*, mendapatkan data sebagai berikut: Komposisi kimia material baja mangan austenitik dari hasil pemeriksaan, sesuai dengan standar ASTM A 128 Grade A. Nilai kekerasan tertinggi yaitu 351,50 HBN hasil proses pengecoran (*As cast*) akibat terbentuknya fasa karbida pada batas butir dengan matriks austenit. Nilai kekerasan material *Hammer mill* perlakuan panas *tempering* lebih tinggi dari kekerasan hasil perlakuan panas *solution treatment*. Pengaruh waktu tahan tidak selalu memberikan efek peningkatan sifat mekanik (nilai kekerasan) yang signifikan. Struktur mikro material baja mangan austenitik hasil perlakuan panas quenching (*Solution heat Treatment*) adalah karbida dalam matrik austenit (γ), sedangkan hasil perlakuan panas *tempering* adalah karbida dalam matrik ferrit (α). Sifat mekanik yang diperlukan untuk hammer mill adalah selain kekerasan juga harus memiliki sifat mekanik ketangguhan yang baik karena proses kerja dari hammer mill selain mengalami gesekan dengan benda keras juga mengalami benturan-benturan secara tiba-tiba.

Kata Kunci : Kekerasan *Hammer Mill* Pemecah Batu split

Abstrak

Austenitic manganese steel is usually made by casting process, but the result of this casting process has quite brittle properties and low toughness and ductility due to the presence of carbide. material characterization is very necessary to be able to produce split rock crusher hammer mill, the characteristics of the material which include mechanical properties, especially hardness to meet the hardness, Solution heat treatment is carried out at a temperature of 1050 °C with variations in holding time for 1 hour, 2 hours and 3 hours, followed by rapid cooling using water cooling media. Tempering was carried out at a temperature of 570 °C for 1 hour, aiming to improve the toughness of the material. the heat treatment process, obtained the following data: Chemical composition of austenitic manganese steel material from the inspection results, according to the ASTM A 128 Grade A standard. The highest hardness value is 351,50 HBN as a result of the casting process (As cast) due to the formation of the carbide phase at grain boundaries with an austenite matrix. The hardness value of the Hammer mill heat treatment tempering material is higher than the hardness of the solution treatment heat treatment results. The effect of holding time does not always give a significant increase in mechanical properties (hardness value). The microstructure of the austenitic manganese steel material as a result of quenching heat treatment (Solution heat Treatment) is carbide in the austenite matrix (γ), while the result of heat tempering treatment is carbide in the matrix. ferrite (α). The mechanical properties required for a hammer mill are in addition to hardness, they must also have good mechanical toughness properties because the working process of the hammer mill in addition to experiencing friction with hard objects also experiences sudden collisions.

Keywords : Hardness of split stone breaker hammer mill

1. PENDAHULUAN

Secara umum, baja mangan dibuat melalui proses pengecoran yang menghasilkan fasa *full austenite* dengan keberadaan karbida ($(FeMn)_3C$) pada batas butir, sehingga cenderung memicu penggetasan (Hidayat and Bandanadjaja 2018). Sifat mekanik yang optimal pada baja Mangan diperoleh melalui proses perlakuan panas, dimana *solution treatment* yang diikuti dengan pendinginan cepat merupakan proses perlakuan panas yang umum dilakukan untuk menghilangkan penggetasan akibat karbida di batas butir (baik berupa *intergranular carbide* maupun *acicular carbide*) (Pratomo, et al. 2016), sehingga diperoleh struktur austenitik yang homogen setelah proses pengecoran (Ham, et al. 2010). Secara umum, *solution treatment* meliputi proses austenisasi pada temperatur berkisar $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, kemudian ditahan selama waktu tertentu dan didinginkan cepat ke dalam media air (Okechukwu, et al. 2017). Elaborasi siklus perlakuan panas pada baja Mangan sangat penting untuk mengetahui optimasi distribusi dan bentuk karbida pada baja Mangan austenitik (Nurjaman, et al. 2017). Keberadaan fasa austenit menyebabkan baja Mangan memiliki karakteristik koefisien thermal ekspansi besar (Kumar 2019) yang mengakibatkan *thermal shock* ketika baja Mangan dipanaskan secara cepat, sehingga metode pemanasan bertahap (*step heating*) lebih tepat digunakan (Banerjee 2017).

Perilaku mekanik baja Mangan sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia (Enginsoy, Bayraktar and Kursun 2018), perlakuan panas dan *work hardening* (Winarto, et al. 2019). Pada penelitian ini, melanjutkan studi awal yang dilakukan oleh penulis (Ridlo, et al. 2020). Penelitian ini ditujukan untuk

mengetahui pengaruh proses *solution treatment* dengan variasi parameter waktu tahan (*holding time*) pada proses perlakuan panas baja Mangan dilanjutkan dengan pendinginan cepat menggunakan media pendingin yang berbeda terhadap struktur mikro dan sifat mekanik pada baja Mangan, dan untuk mengetahui kekerasan hasil proses pengecoran, proses *solution treatment* dan proses *tempering* maka dilakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan Brinell test

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif, yaitu suatu penelitian dengan melakukan eksperimen dan percobaan kemudian menganalisis data hasil percobannya. Dalam pendekatan kuantitatif persyaratan pertama yang harus terpenuhi adalah analisa kekerasan baja mangan austenitik pada *part hammer mill* alat pemecah batu split. Baja mangan austenitik merupakan baja yang digunakan secara luas pada industri tambang dan mineral karena memiliki ketahanan aus dan ketangguhan yang tinggi. Secara umum, baja mangan austenitik yang dibuat melalui proses pengecoran memiliki kecenderungan getas dengan ketangguhan yang rendah karena terbentuknya formasi karbida.. Proses *solution heat treatment* diikuti dengan pendinginan cepat menjadi hal penting untuk melarutkan karbida sehingga menjamin terbentuknya struktur *full austenit* pada temperatur kamar, kemudian dilanjutkan dengan proses *tempering* agar bertujuan untuk memperbaiki ketangguhan dari material tersebut.

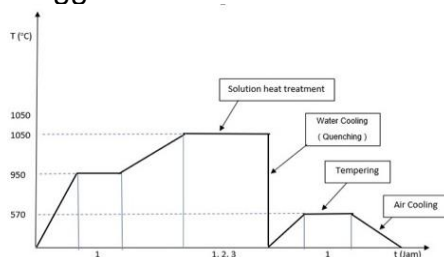
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sifat mekanik yaitu kekerasan pada *part hammer mill* material baja mangan austenitik

proses pengecoran terhadap perlakuan panas *solution heat treatment* dan *tempering*.



Gambar 2. As Cast

Proses Heat treatment yang dilakukan yaitu *Solution heat treatment* dan *Tempering*, menggunakan tungku muffle. *Solution heat treatment* dilakukan pada temperatur 1050 °C dengan variasi *holding time* selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam, dilanjutkan dengan pendinginan cepat menggunakan media pendingin air. *Tempering* dilakukan pada temperature 570 °C selama 1 jam, bertujuan untuk memperbaiki ketangguhan dari material tersebut.



Gambar 1. Sklus proses perlakuan panas step heating

• Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia menggunakan metode OES (Optical Emission Spectroscopy) adalah pengujian dengan menembakkan electron pada bidang datar specimen sehingga memantulkan gelombang cahaya yang unik yang dapat ditangkap oleh receiver dan sensor yang kemudian dicocokkan dengan database yang ada. OES dapat mengetahui berbagai unsur tergantung dari database yang tersedia. Pengujian OES pada penelitian ini dilakukan di Balai Besar Logam dan

Mesin Bandung dengan standar database Mangane Steel.

• Pengujian Kekerasan

Proses pengujian kekerasan yang dilakukan adalah uji kekerasan Brinell. Uji kekerasan brinell digunakan untuk menguji kekerasan logam dengan prinsip indentasi brinell. Informasi kekerasan Brinell juga dapat dihubungkan dengan kekuatan tarik, sifat ketahanan aus, keuletan dan sifat fisik lainnya. Uji kekerasan Brinell menggunakan mesin untuk menekan suatu indenter (*tungsten carbide ball with diameter D*).

• Pemeriksaan Stuktur Mikro

Tujuan utama dari pemeriksaan Stuktur Mikro adalah untuk mengetahui komponen dan struktur logam dan paduannya menggunakan mikroskop cahaya (ASTM E3). Prinsip dari pemeriksaan Stuktur Mikro menggunakan mikroskop cahaya adalah adanya beda sudut pantul di tiap titik permukaan karena adanya perbedaan struktur. Perbedaan sudut pantul akan diterima oleh mata sebagai perbedaan gelap-terang pada permukaan spesimen.

2.1 Alat-alat Uji yang digunakan

Alat uji untuk mengetahui komposisi kimia pada *As cast part hammer mill* baja mangan austenitik standar (ASTM A 128) yaitu OES (*Optical Emission Spectroscopy*)

- Merek : OXPROD / PMI-MASTER
No Seri : 37T0028



- Alat uji kekerasan Brinell
Merek : FUTURE-TECH.
Kapasitas : 3000 kgf
No Seri : 1B1431



- Pemeriksaan struktur mikro (Metalografi)
Merek : OLYMPUS / DSX150
No Seri : 8K48956



2.2 Prosedur pengumpulan Data

Dalam kegiatan penelitian, peneliti melakukan teknik pengumpulan data observasi, dimana penulis turun langsung kelapangan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Langkah-langkah yang peneliti lakukan adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan data apa saja yang diperlukan
- Menganalisis kekesuaian data dengan objek penelitian
- Mencari data spesifik tentang material baja mangan
- Melakukan Uji Kimia

- Melakukan pengujian kekerasan.
- Pemeriksaan Stuktur Mikro.
- Melakukan pengukuran dan pengecekan kualitas kekerasan benda kerja
- Mengolah data dari pengukuran kekerasan tersebut
- Menganalisis data
- Menyajikan dalam bentuk tulisan fisik
- Kesimpulan

2.3 Jadwal Penelitian

Kegiatan penelitian ini akan dilakukan di Workshop Pengecoran dan Laboratorium uji yang berada di Balai Besar Logam dan Mesin Jl Sangkuriang No 12 Bandung atau lebih dikenal dengan dengan nama Metal Industries Development Center (MIDC). Dengan waktu pelaksanaan selama 6 bulan yaitu terhitung bulan Agustus sampai dengan bulan Januari 2022. Setelah spesimen selesai dilaksanakan selanjutnya penulis melakukan pengujian di Laboratorium Pengujian BBLM untuk memperoleh data-data dari dua benda kerja tersebut. Setelah itu hasil pengujian tersebut diolah dan dinalisis untuk mengetahui kualitas kekerasan yang selanjutnya disajikan dalam bentuk tulisan deskriptif.

2.4 Analisa Data

Analisis data yang peneliti gunakan untuk mengolah data yang didapat adalah teknik analisis data kuantitatif yaitu merupakan kegiatan analisis data yang mengolah data-data numerik seperti penggunaan data statistic, data hasil survey rsponden dan data lain sebagainya. Dalam hal ini peneliti mengolah data hasil pengujian dari peroses *As Cast Part hammer mill*, setelah di *Heat Treatment* dan setelah di *tempering*, sehingga didapat hasil tingkat kekerasan pada benda tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia *part hammer mill* baja mangan austenitik mengacu pada standar (ASTM A 128), dimana memiliki kandungan (1.05 – 1.35% C, min 11.0% Mn, max 1.00% Si) dengan menggunakan OES (*Optical Emission Spectroscopy*), dilakukan foto stuktur mikro dan analisis fasa-fasa yang terbentuk pada *as cast part hammer mill*, serta dilakukan variasi perlakuan panas *solution heat treatment* 1050 °C media pendingin air, dilanjutkan perlakuan panas *tempering* 570 °C dengan variasi waktu penahanan dengan tujuan untuk mengetahui sifat mekanik yaitu kekerasan dan sifat fisik yaitu struktur mikro.

Langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- Membuat benda kerja uji
- Melakukan pengujian komposisi kimia, kekerasan dan pemeriksaan struktur mikro.
- Menganalisis hasil pengujian
- Membuat simpulan
- Meyajikan dalam bentuk tulisan

3.2 Deskripsi Variabel

Data hasil penelitian terdiri dari dua variabel yaitu data specimen *As Cast part hammer mill* baja mangan austenitik dilakukan proses *solution heat treatment* temperature 1050 °C dengan memvariasikan waktu penahanan kemudian dilanjutkan proses *heat treatment tempering* temperature 570 °C. Keduanya akan dibandingkan hasil pengujiannya dengan cara mendeskripsikan masing-masing data hasil pengujian dalam bentuk tabel. Data yang dihasilkan didapat dari perhitungan dan percobaan yang telah dilaksanakan sesuai prosedur yang baik dan benar.

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data variabel proses

pengujian. Data tersebut selanjutnya diolah dan dianalisis untuk selanjutnya disimpulkan guna mendapatkan hasil yang sesuai.

3.3 Material Uji yang digunakan

Material yang digunakan dalam penelitian adalah *As cast part hammer mill* yaitu material dengan target baja mangan austenitik ASTM A 128 Grade A, dimana memiliki kandungan (1.05 – 1.35% C, min 11.0% Mn, max 1.00% Si).

Tabel 1. Hasil Komposisi Kimia specimen *as cast part hammer mill* menggunakan OES (*Optical Emission Spectroscopy*)

UNSUR	KOMPOSISI KIMIA (%)
	HASIL PENGUJIAN
Fe	85,9
C	1,30
Si	0,976
Mn	11,4
P	0,0254
S	0,0050
Cr	1,28
Ni	0,0181
Al	0,0290
Co	0,0122
Cu	0,0116
Nb	0,0050
Ti	0,0040
V	0,0040

Komposisi kimia ini diuji menggunakan OES (*Optical Emission Spectroscopy*), dari hasil pengujian komposisi kimia yang ditunjukkan pada Tabel.4.1 diatas dapat dikatakan bahwa *as cast part hammer mill* baja mangan austenitik telah sesuai dengan standar ASTM A 128 Grade A.

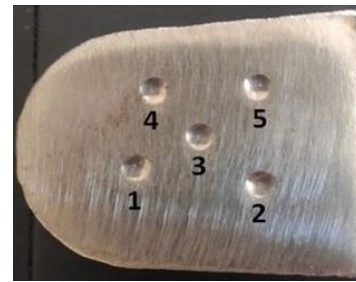
Unsur silikon (Si) pada baja mangan austenitik secara berpengaruh terhadap sifat mekanik dari baja mangan austenitik jika kandungan unsur silikon tersebut dibawah 1%. Tetapi jika kandungan unsur silikon yang terdapat dalam baja mangan austenitik lebih dari 1% maka unsur silikon ini akan berpengaruh terhadap sifat keuletan dari baja mangan austenitik ini dimana keuletan dari baja mangan austenitik ini akan menurun, begitu juga dengan kekuatan dari baja mangan austenitik

ini akan menurun pula. Silikon (Si) akan sangat berpengaruh secara ekstrim Unsur sulfur (S) atau belerang yang terdapat dalam baja mangan austenitik harus diusahakan ditekan serendah mungkin karena nantinya akan berikatan dengan mangan (Mn) membentuk mangan sulfida (MnS) yang tidak diinginkan, karena MnS ini Unsur fosfor pada baja mangan austenitik ini adalah sebagai pengotor, unsur fosfor ini akan menyebabkan kegetasan baja mangan austenitik pada temperatur yang rendah, dan akan menurunkan kekuatan dan keuletan dari baja mangan austenitik ini. Ikatan yang terjadi antara unsur fosfor dengan base metalnya yaitu besi (Fe) membentuk Fe sampai 0.07% maksimum, selebihnya dari 0.07% tidak signifikan (konstan) terhadap keuletan. Unsur fosfor (P) ini akan menurunkan kekuatan dari baja mangan austenitik secara terus menerus jika kandungan unsure fospornya terus meningkat.

Untuk unsur yang terdapat dalam baja mangan austenitik diluar standarnya dalam hal ini adanya unsur krom (Cr) yang *Hammer Mill* yaitu baja mangan austenitik tidak berpengaruh terhadap sifat mekanik baja mangan austenitik jika jumlahnya dibawah 3%, jika unsur krom yang terdapat dalam baja mangan austenitik tersebut diatas 3% akan berpengaruh terhadap naiknya kekuatan dan keuletan dari baja mangan austenitik ini.

Unsur alumunium (Al) akan mulai berpengaruh jika kandungan Al yang terdapat dalam material baja mangan austenitik tersebut diatas 0.75% yaitu akan meningkatkan ketangguhan baja mangan austenitik pada kondisi yang *as cast* (hasil coran).

3.4 Analisa Kekerasan Part Hammer Mill



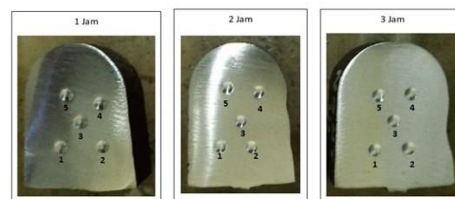
Gambar Titik-titik pengujian kekerasan as cast

No titik Pengujian	Hasil uji kekerasan (HBN)
1	352,55
2	360,43
3	337,86
4	349,89
5	355,77
Rata-rata	351,30

Tabel 2. Hasil uji kekerasan as cast



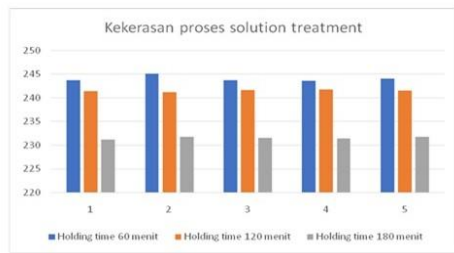
Grafik Kekerasan AS Cast



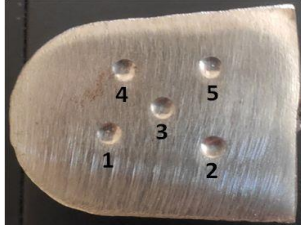
Gambar Titik uji kekerasan solution treatment pada temperatur 1050 °C

No titik Pengujian	Hasil uji kekerasan (HBN)		
	Holding time 60 menit	Holding time 60 menit	Holding time 60 menit
1	278,64	236,44	231,32
2	278,55	236,51	231,45
3	278,78	236,39	231,28
4	278,69	236,49	231,40
5	278,61	236,47	231,31
Rata-rata	278,65	236,46	231,35

Tabel 3. Hasil uji kekerasan solution treatment pada temperatur 1050 °C



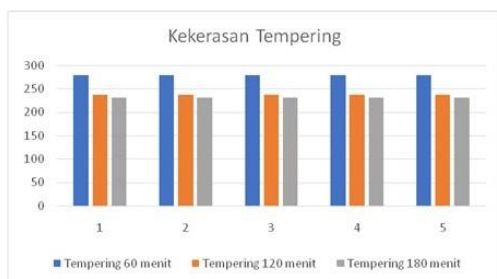
Grafik Hasil uji kekerasan solution treatment



Gambar. Titik uji kekerasan tempering pada temperatur 570 oC

No titik Pengujian	Hasil uji kekerasan (HBN)		
	Holding time 60 menit	Holding time 60 menit	Holding time 60 menit
1	278,64	236,44	231,32
2	278,55	236,51	231,45
3	278,78	236,39	231,28
4	278,69	236,49	231,40
5	278,61	236,47	231,31
Rata-rata	278,65	236,46	231,35

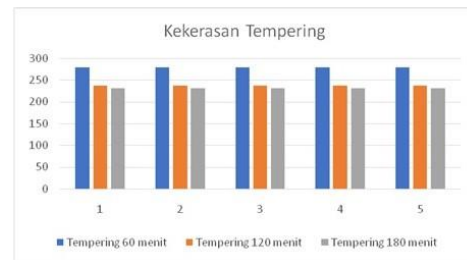
Tabel 4. Hasil uji kekerasan tempering 570 0C



Grafik Kekerasan Temperring pada temperatur 570 °C

No titik Pengujian	Kondisi spesimen						
	As Cast	Quenching			Tempering		
		Holding Time					
			60 menit	120 menit	180 menit	60 menit	60 menit
1	352,55	243,71	241,41	231,13	278,64	236,44	231,32
2	360,43	245,10	241,16	231,78	278,55	236,51	231,45
3	337,86	243,71	241,61	231,54	278,78	236,39	231,28
4	349,89	243,52	241,76	231,38	278,69	236,49	231,40
5	355,77	244,05	241,55	231,69	278,61	236,47	231,31
Rata-rata	351,30	244,02	241,50	231,50	278,65	236,46	231,35

Tabel 5. Hasil uji kekerasan tempering 570 °C



Grafik Kekerasan Temperring pada temperatur 570 °C

Dari tabel diatas, terlihat bahwa semakin rendah laju pendinginan yang diterima oleh baja mangan austenitik, maka nilai kekerasan yang dicapai oleh baja mangan austenitik akan semakin tinggi. Peningkatan kekerasan sebagai akibat lambatnya laju pendinginan pada baja mangan austenitik disebabkan karena meningkatnya presipitat karbida yang terbentuk pada batas butir dan pada bidang-bidang slip.

Karbida yang terbentuk pada baja mangan austenitik ini adalah karbida kompleks yaitu $(FeMn)_3C$, yang menunjukkan daerah pembentukan fasa untuk baja mangan austenitik.

Transformasi fasa yang terjadi pada material Hammer mill sebagai alat pemecah batu split ini sangat dipengaruhi oleh temperatur pemanasan pada saat proses perlakuan panas (normalizing dan annealing) pada proses pemanasan sampai fasa austenit, maka struktur mikro yang diperoleh dari kedua perlakuan panas tersebut adalah fasa α dan karbida $(FeMn)_3C$ dimana karbida yang terbentuk akan mengendap didaerah batas butir. Sedangkan untuk proses perlakuan panas quenching (pendinginan cepat) dari temperatur austenit akan menyebabkan fasa austenit tersebut akan dipertahankan sampai temperatur kamar. Struktur mikro tersebut (austenit) akan bersifat non magnetik dan memiliki kekerasan yang paling rendah dibandingkan dengan

kedua perlakuan panas yaitu normalizing dan annealing.

Material baja mangan austenitik dalam aplikasinya biasa digunakan sebagai komponen dengan kondisi kerja yang mengalami gesekan, salah satu contohnya adalah Hammer mill sebagai alat pemecah batu split, oleh karena itu komponen tersebut memerlukan kekerasan permukaan yang cukup tinggi agar komponen tersebut umur pakai yang cukup lama. Persyaratan tersebut dapat tercapai untuk baja mangan austenitik ini melalui perlakuan quenching dan dilanjutkan dengan tempering atau dengan perlakuan panas quenching dan deformasi plastis yang dapat meningkatkan kekerasan permukaan.

Hasil pengujian kekerasan ini didapatkan nilai kekerasan (HBN), kekerasan rata-rata tertinggi didapatkan pada material *as cast* yaitu sebesar 351,50 HBN hal ini struktur mikro yang terjadi pada *as cast* adalah karbida $\text{Fe}(\text{Mn})_3\text{C}$ bersifat keras dan getas.

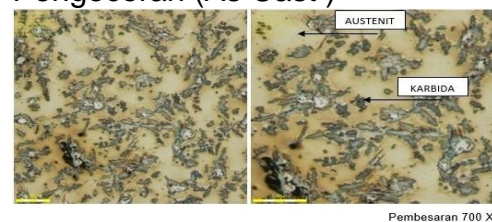
Material yang telah mengalami perlakuan panas (*solution heat treatment*) dengan variasi waktu tahan 60 menit rata-rata nilai kekerasan 244,02 HBN, waktu tahan 120 menit rata-rata nilai kekerasan 241,50 HBN dan waktu tahan 180 menit rata-rata nilai kekerasan 231,502 HBN. Terjadi penurunan kekerasan akibat pengaruh waktu tahan, semakin lama waktu tahan kekerasan yang didapat semakin menurun hal ini mengindikasikan bahwa dengan semakin lama waktu tahan, karbida memiliki waktu yang cukup untuk larut dalam matriks austenit.

Material yang mengalami perlakuan panas (*solution heat treatment*) kemudian dilakukan perlakuan panas tempering, dengan waktu tahan masing-masing 60 menit, didapat nilai kekerasan rata-rata tertinggi setelah mengalami perlakuan

panas (*solution heat treatment*) dengan waktu tahan 60 menit yaitu sebesar 278,65 HBN. Terjadi kenaikan kekerasan akibat pengaruh waktu tahan, semakin singkat waktu tahan kekerasan yang didapat semakin meningkat hal ini mengindikasikan bahwa dengan semakin singkat waktu tahan, akan menghasilkan karbida $(\text{FeMn})_3\text{C}$ dalam matriks ferit.

3.5 Pemeriksaan Stuktur Mikro

Spesimen	Hasil	Proses
Pengecoran (As Cast)		



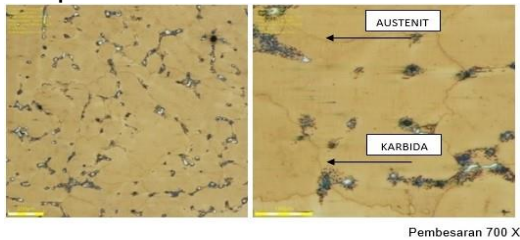
Dari gambar tersebut dapat diamati adanya karbida kontinyu di batas butir austenit akibat segregasi unsur mangan dan karbon yang menyisih saat pembekuan. Karbida non-kontinu terdapat di dalam butir austenite akibat fenomena segregasi unsur-unsur, yang akhirnya terjebak di lengan-lengan dendrit. Karena itulah maka karbida yang berada di dalam butir ini tidak kontinyu.

Karbida-karbida ini bersifat keras dan getas. Dari hasil pengamatan, harga kekerasan tertinggi berada pada batas butir karena segregasi di batas butir lebih besar dibandingkan dengan di dalam butir. Sesuai dengan kondisi kerja baja mangan yaitu benturan maka karbida-karbida tersebut harus diuraikan melalui proses perlakuan panas khusus sehingga fasa akhir hanya austenit saja.

As solution treatment

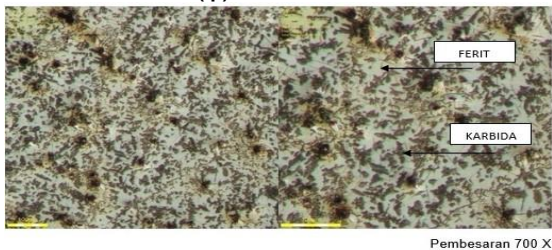
Struktur mikro spesimen Setelah mengalami proses perlakuan panas *quenching* (*Solution treatment*) fasa yang terbentuk adalah karbida pada batas butir prior austenit. Dari

struktur mikro tersebut tampak matriksnya berupa fasa *Austenit*, hal ini berarti proses *solution treatment* berjalan dengan baik. Karbida pada batas butir dan di dalam butir telah terurai pada saat proses *solution treatment*. Struktur dendrit dari struktur mikro tersebut sudah hampir tidak tampak.



As Tempering

Perlakuan panas dengan laju pendinginan yang relatif lambat yaitu proses tempering akan menghasilkan fasa karbida $(\text{FeMn})_3\text{C}$ dalam matriks ferit α . Semakin lambat laju pendinginan dari proses pemanasan austenisasi maka karbida yang terbentuk akan semakin banyak. Struktur mikro yang terbentuk pada baja mangan austenitik sebagai akibat dari perlakuan yang dialaminya akan sangat menentukan sifat mekanik dari baja mangan austenitik tersebut. Korelasi struktur mikro yang terbentuk pada baja mangan austenitik terhadap nilai kekerasannya adalah: kekerasan karbida akan lebih tinggi dibanding kekerasan fasa dibanding kekerasan fasa austenit (γ)



4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan baik pada material *as cast* maupun material yang sudah mengalami proses perlakuan panas

heat treatment, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Komposisi kimia material baja mangan austenitik dari hasil pemeriksaan, sesuai dengan standar ASTM A 128 Grade A.
- Struktur mikro material baja mangan austenitik hasil perlakuan panas quenching (*Solution heat Treatment*) adalah karbida dalam matrik austenit (γ), sedangkan hasil perlakuan panas *tempering* adalah karbida dalam matrik ferit (α).
- Pengaruh waktu tahan tidak selalu memberikan efek peningkatan sifat mekanik (nilai kekerasan) yang signifikan.
- Nilai kekerasan material *Hammer mill* perlakuan panas *tempering* lebih tinggi dari kekerasan hasil perlakuan panas *solution treatment*.
- Nilai kekerasan tertinggi yaitu 351,50 HBN hasil proses pengecoran (*As cast*) akibat terbentuknya fasa karbida pada batas butir dengan matriks austenit.

Sifat mekanik yang diperlukan untuk hammer mill adalah selain kekerasan juga harus memiliki sifat mekanik ketangguhan yang baik karena proses kerja dari hammer mill selain mengalami gesekan dengan benda keras juga mengalami benturan-benturan secara tiba-tiba.

Berdasarkan simpulan diatas penelitian yang sudah dilakukan didapatkan saran agar pada penelitian selanjutnya akan menjadi lebih baik.

- Melalui proses *tempering* baja mangan austenitik perlu dilakukan pengujian lanjut untuk mengetahui nilai keliatan (*ductility*), ketangguhan (*toughness*).
- Perlakuan panas dan holding time yang lebih bervariasi.
- Menggunakan media pendingin yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung, A. (2017). Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Heat Treatment Baja S45C Dengan Beberapa Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Stuktur Mikro. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1).
- [2] Akuan, A. (2008). Analisis Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Baja Mangan Austenitik Hasil Proses Perlakuan Panas. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 7(2), 90-99.
- [3] *ASM Handbook*, 2019 Volume 10: Material Characterization Hardcover product code: 05918G ISBN : 978162782112
- [4] *Callister's Materials Science and Engineering*, 2019 10th Edition, Global Edition William D.Callister Jr, David G Rethwisch ISBN : 978-1-119-45520-2.
- [5] Dede, Y. D., Sabarudin, S., & Fadhillah, A. R. (2022). Pengaruh Variasi Temperatur Heat Treatment pada Ductile Cast Iron (Fcd-50) terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(2), 203-212.
- [6] Kurniawan, B. E., & Setiyorini, Y. (2014). Pengaruh variasi holding time pada perlakuan panas quench annealing terhadap sifat mekanik dan mikro struktur pada baja mangan AISI 3401. *Jurnal Teknik ITS*, 3(1), F113-F16.
- [7] Mersilia, A., Karo, P. K., & Supriyatna, Y. I. (2017). Pengaruh heat treatment dengan variasi media quenching air garam dan oli terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja pegas daun aisi 6135. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 4(2).
- [8] Paristiawan, P. A., Ridlo, F. M., Prasetyo, M. A., & Chandra, S. A. (2022). Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Variasi Holding Time pada Proses Perlakuan Panas terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Baja Mangan Fe-10.5 Mn-1.3 Mo-2.5 Ni. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(3), 573-580.
- [9] Peer reviewed. (2013). *ASM Handbook, Volume 4A: Steel Heat Treating Fundamentals and Processes*. ASM International.
- [10] Prasetyo, H. C., & Ningsih, T. H. (2018). Analisa Pengaruh Heat Treatment Terhadap Kekerasan Material Baja S45C Untuk Aplikasi Poros Roda Sepeda Motor. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2).
- [11] Pratomo, S. B., Taufiq, H., & Jaman, W. S. (2016). Penelitian Dan Pengembangan Material Jaw Plate Yang Terbuat Dari Baja Mangan Untuk Substitusi Impor. *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, 10(2), 98-106.
- [12] Thomas J. Bruno, N. I. (2019). *Materials Characterization* (Vol. 10). ASM International.
- [13] Wiharja, I., Haryadi, G. D., Umardani, Y., & Hardjuno, A. T. (2014). → Pengaruh Proses Heat Treatment Tempering Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Pada Sambungan Las Thermite Baja Uic-54. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 2(4), 454-462.
- [14] William D. Callister Jr., D. G. (2019). *Callister's Materials Science and Engineering*. ISBN: 978-1-119-45520-2.