

**TOUGHNESS IMPROVEMENT OF GRASS CUTTER
MACHINE WITH HEAT TREATMENT USING RADIATOR
COOLANT AND AIR AS COOLING MEDIA
(PENINGKATAN KETANGGUHAN IMPACT PISAU MESIN PEMOTONG
RUMPUT DENGAN PERLAKUAN PANAS MENGGUNAKAN MEDIA
PENDINGIN RADIATOR DAN UDARA)**

Sandro Juliansyah^{a*}, Dedikarni^a, Dody Yulianto^a, Hamimah Abd. Rahman^b, Nurul Akidah Baharuddin^c

^aProgram Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau

^bFaculty of Mechanical and Manufacturing Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 8400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia

^cFuel Cell Institute, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia

*corresponding author : juliansyahsandro@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to increase the temperature required to influence micro performance. This research was conducted by heating up to austenite temperature of 800⁰C with holding time for 45 minutes and diquenching with radiator cooling medium. Temperature was then performed with temperature 300⁰C, 400⁰C, 500⁰C with 2 hour detention time, hardness testing, microstructure observation, impact test (toughness). The result of the same process is the Pearlite and on the lawn mower given Tempering 300⁰C, 400⁰C, 500⁰C for 2 hours is the Pearlite (dark area). Hardness and resistance values in hot smokeless mowing blades are 40.3 HRC and 1.6192 J/mm². The highest value and the lowest impact price are on the tempering sample 300⁰C that is 55.3 HRC and 0.1064 J/mm². At tempering sample 400⁰C hardness value obtained and the impact price is 46.7 HRC and 0.2132 J/mm². Then the lowest value in the 500⁰C sample such as from the mower blades without the heat treatment and tempering 300⁰C and 4000C is 35.5 HRC, but the impact resistance is still very low the mowing blades without the hot surface is 0.7592 J/mm². Tempering temperature temperatures above indicate that tempering temperature 500⁰C can reduce the value of hardness of the mower blades without heat.

Keywords: Coolant radiator, impact testing and lawn mower.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh perlakuan panas tempering yang diberikan terhadap ketahanan impak dan untuk mendapatkan pengaruh perlakuan panas tempering terhadap struktur mikro. Penelitian ini dilaksanakan dengan cara memanaskan hingga temperatur austenit 800⁰C dengan waktu penahanan selama 45 menit dan quenching dengan media pendingin coolant radiator. Kemudian dilakukan tempering dengan variasi temperatur 300⁰C, 400⁰C, 500⁰C dengan waktu penahanan 2 jam, dilakukan pengujian kekerasan, pengamatan struktur mikro, pengujian impak (ketangguhan). Hasil dari pengujian menunjukkan struktur mikro pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas adalah Pearlite dan pada pisau pemotong rumput yang diberi perlakuan panas

tempering 300⁰C , 400⁰C , 500⁰C selama 2 jam adalah Pearlite (dark area). Nilai kekerasan dan ketahanan impak pada pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas yaitu 40,3 HRC dan 1,6192 J/mm². Nilai kekerasan tertinggi dan harga impak terendah ada pada sampel tempering 300⁰C yaitu 55,3 HRC dan 0,1064 J/mm². Pada sampel tempering 400⁰C nilai kekerasan yang didapat dan harga impak yaitu 46,7 HRC dan 0,2132 J/mm². Kemudian nilai kekerasan terendah ada pada sampel 500⁰C dibanding dari pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas dan tempering 300⁰C dan 400⁰C yaitu 35,5 HRC, tetapi ketahanan impak masih rendah dibanding pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas yaitu 0,7592 J/mm². Dari ketiga variasi temperatur tempering diatas menunjukkan bahwa temperatur tempering 500⁰C bisa menurunkan nilai kekerasan pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas.

Kata Kunci : Pendingin radiator, pengujian impak dan pisau pemotong rumput.

PENDAHULUAN

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja (Djaprie, 1993).

Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen mesin, struktur bangunan, alat-alat perkakas, salah satunya adalah pisau mesin pemotong rumput. Pisau mesin pemotong rumput digunakan untuk membersihkan rumput-rumput

diperkebunan maupun ditaman. Kerusakan pada pisau mesin pemotong rumput biasanya adalah

patahnya pisau mesin pemotong yang disebabkan karena benturan-benturan keras yang terjadi secara tiba-tiba. Benturan bisa terjadi dari kayu maupun batu sehingga dapat mengancam kaki pekerja.

Kondisi-kondisi diatas menuntut adanya penelitian baru sehingga dapat meningkatkan nilai ketangguhan impak pada pisau pemotong rumput menggunakan perlakuan panas salah satunya adalah perlakuan panas jenis *Tempering* dan media pendingin *coolant radiator* jenis *Water and Oil Coolant*.

Tempering adalah proses pemanasan kembali suatu logam yang telah dikeraskan melalui proses *quenching* pada suhu di bawah suhu kritisnya selama waktu tertentu dan didinginkan secara perlahan-lahan. Tujuan proses ini adalah untuk mengurangi *internal stress*, mengubah susunan, mengurangi kekerasan dan menaikkan keuletan logam sehingga didapatkan perpaduan yang tepat antara kekerasan dan keuletan logam.

Diharapkan dengan melakukan penelitian ini didapatkan sifat mekanis yang lebih baik dan suatu data kajian

ilmiah yang hasilnya dapat digunakan sebagai literatur atau referensi dalam penggunaan pisau pemotong rumput tersebut.

LANDASAN TEORI

Pisau Pemotong Rumput

Pisau-pisau bermerek pada umumnya terbuat dari baja SK-5. Baja SK-5 adalah baja karbon tinggi standar JIS G4401 setara dengan standar Amerika SAE 1085. Sebagai paduan, baja SK-5 memiliki kekerasan sekitar HRC 65 dan menghasilkan campuran martensit kaya karbon dengan beberapa larutan karbida. Kelebihan karbida meningkatkan ketahanan abrasi dan memungkinkan baja untuk mencapai keseimbangan yang ideal. Karena karakteristik ini, baja SK-5 telah digunakan secara tradisional untuk membuat berbagai alat-alat tangan, termasuk pahat, gergaji dan pisau, dan telah melewati ujian waktu dan digunakan selama bertahun-tahun dibanyak negara. Baja SK-5 ini memiliki carbon 0.80-0.90% dan Silikon 0.10-0.35% Mangan 0.10-0.50% pospor $\leq 0.30\%$ copper $\leq 0.25\%$ nikel $\leq 0.25\%$ dan chrom $\leq 0.30\%$, seperti terlihat pada tabel 1.

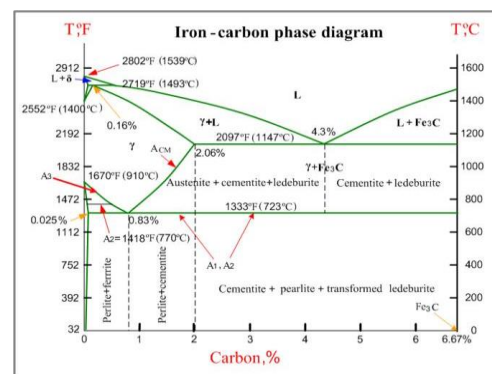
Tabel 1 standar komposisi baja JIS G4401 / SK5

JIS		Chemical Composition (%)							
Stan Dard	SAE andard	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
		30-	10-	10-	0.030	0.030	0.25	0.25	0.30
		.90	.35	.50					
	SK								
	85								
	SK5]								

(Sumber : Nippon Steel, 2007)

Diagram Fasa Fe-C

Diagram fasa Fe-C atau biasa disebut diagram kesetimbangan besi karbon merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi di dalam baja dengan segala perlakuannya. Pada diagram fasa Fe-C yang ditampilkan muncul larutan padat (α , γ , δ) atau disebut besi delta (δ), austenit (γ) dan ferit (α). Seperti terlihat pada gambar 1. Ferit mempunyai struktur kristal BCC (*Body Centered Cubic*) dan austenit mempunyai struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*) sedangkan besi delta (δ) mempunyai struktur kristal FCC pada suhu tinggi. Apabila kandungan karbon melebihi batas daya larut, maka akan membentuk fasa kedua yang disebut karbida besi atau sementit. Karbida besi mempunyai komposisi kimia Fe₃C yang sifatnya keras dan getas



Gambar 1 Diagram Fasa Fe-C (Sumber : Shackelford, 1996)

Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis logam tersebut. Baja dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan kemampuan memotong

meningkat, atau baja dapat dilunakan memudahkan pemesinan lebih lanjut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet (Amstead, 1997).

Hardening

Hardening adalah proses pemanasan logam sampai temperatur di atas titik kritis (daerah austenit), ditahan sejenak sesuai dengan waktu tahan yang dibutuhkan agar seluruh benda kerja memiliki struktur austenit dan kemudian didinginkan secara mendadak. Tujuan proses ini adalah untuk mendapatkan struktur kristal martensit. Martensit adalah struktur yang harus dimiliki baja agar memperoleh kenaikan kekerasan yang sangat besar. Martensit berstruktur jarum karena jaringan atomnya berbentuk tetragonal.

Quenching

Quenching merupakan suatu proses perlakuan panas terhadap baja. Proses ini dilakukan dengan memanaskan baja sampai suhu austenit dan dipertahankan dalam jangka waktu tertentu pada suhu austenit tersebut, lalu didinginkan secara cepat di dalam media pendingin berupa air, air + larutan garam, oli, larutan alkohol dan sebagainya (Mulyadi, 2010).

Tempering

Tempering adalah proses pemanasan kembali suatu logam yang telah dikeraskan melalui proses *quenching*

pada suhu di bawah suhu kritisnya selama waktu tertentu dan didinginkan secara perlahan-lahan. Tujuan proses ini adalah untuk mengurangi *internal stress*, mengubah susunan, mengurangi kekerasan dan menaikkan keuletan logam sehingga didapatkan perpaduan yang tepat antara kekerasan dan keuletan logam.

Uji Kekerasan

Kekerasan suatu bahan adalah peristilah yang kabur, yang mempunyai banyak arti tergantung pada pengalaman pihak-pihak yang terlibat. Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi, dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen. Untuk orang-orang yang berkecimpung dalam mekanika pengujian bahan, banyak yang mengartikan kekerasan sebagai ukuran ketahanan terhadap lekukan (Djaprie, 1993).

Kekerasan Rockwell

Uji kekerasan yang paling banyak dipergunakan di Amerika Serikat adalah uji kekerasan Rockwell. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu : cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang diperkeras, dan ukuran lekukannya kecil, sehingga bagian yang mendapatkan perlakuan panas yang lengkap, dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kekerasan (Djaprie, 1993).

Pengamatan Metalography

Pengamatan *Metalography* adalah pengujian untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat dalam logam, dimana struktur logam merupakan penggabungan dari satu atau lebih struktur kristal, pada umumnya logam terdiri dari banyak kristal.

Uji Impak

Material mungkin mempunyai kekuatan tarik tinggi tapi tidak tahan terhadap beban kejut. Untuk menentukannya perlu dilakukan uji ketahanan impact. Ketahanan impact biasanya diukur dengan uji impact *Izod* atau *Charpy* terhadap benda uji bertakik atau tanpa takik. Seperti terlihat pada gambar 2, pada pengujian ini beban diayunkan dari ketinggian tertentu dan mengenai benda uji, kemudian diukur energi disipasi pada patahan. Pengujian ini bermanfaat untuk memperlihatkan penurunan keuletan dan kekuatan impact material berstruktur bcc pada temperatur rendah (Djaprie, 2000).



Gambar 2 Alat Uji Impact Charpy besarnya harga impact yaitu :

$$K = \frac{E}{A} \quad (1)$$

dimana ,

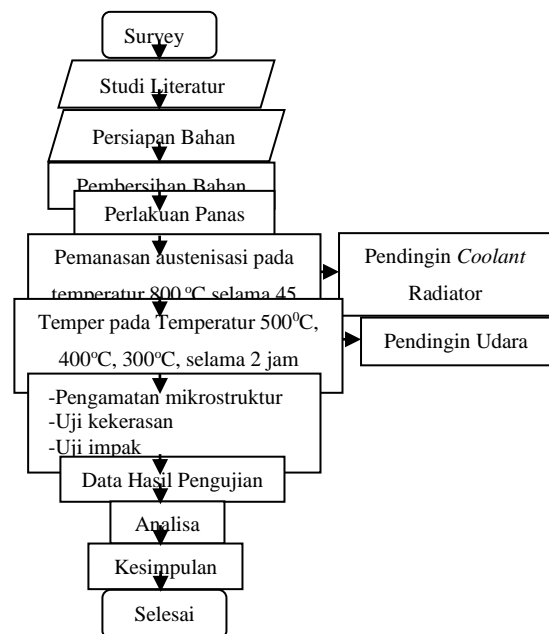
K = Nilai Impact (Kgm/mm²)

E = Energi Yang Diserap (Joule)

A = Luas penampang dibawah takikan (mm²)

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini peneliti dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu menentukan tujuan dari penelitian, mengumpulkan landasan teori, menentukan prosedur penelitian, melakukan pengujian dan analisa hasil pengujian. Tahapan penelitian tersebut disusun agar penelitian berjalan secara sistematis. Langkah-langkah untuk pengujian spesimen ini adalah seperti diagram alir penelitian dibawah ini :



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang dipergunakan selama penelitian ini adalah :

1. Gerinda
2. Alat ukur (jangka sorong)
3. Dapur pemanas (*Heat treatment furnace*)
4. Tang penjepit
5. Sarung tangan
6. Mesin pemoles
7. Alat uji kekerasan

8. Mikroskop

9. Mesin uji impak

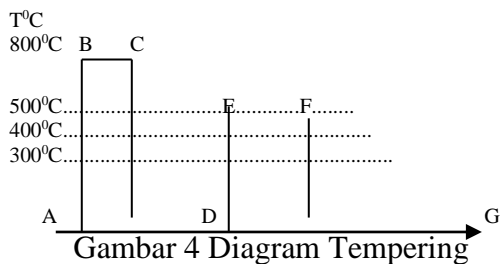
Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Mata pisau pemotong rumput
2. *Coolant* radiator
3. Cairan Etsa dan Pasta Alumina
4. Amplas

Persiapan Spesimen

Adapun banyaknya jumlah spesimen dalam penelitian ini adalah 12 spesimen, dengan perincian 4 spesimen uji impak menggunakan ASTM E23 yaitu 10 mm x 2,5 mm x 55 mm, 4 spesimen kekerasan dan 4 spesimen struktur mikro.

Proses *Heat Treatment*



A-B adalah proses pemanasan hingga mencapai temperatur 800°C , B-C Proses penahanan suhu (*Holding time*) pada temperatur 800°C selama 45 menit dan C-D Proses quenching (pendinginan dengan celup *coolant* radiator) sedangkan D-E adalah Proses pemanasan hingga temperatur 300°C , 400°C , 500°C , E-F yaitu Proses penahanan suhu (*Holding time*) pada temperatur 300°C , 400°C , 500°C selama 2 jam, dan F-G Proses pendinginan dengan udara sampai temperatur kamar diudara terbuka.

Adapun proses perlakuan panas yang dilakukan pada benda uji adalah sebagai berikut :

1. Masukkan spesimen kedalam dapur pemanas dan mengeset *furnace* pada temperatur 800°C (A-B)
2. mengeset waktu penahanan suhu selama 45 menit pada temperatur 800°C (B-C)
3. Jika lampu telah mati kemudian spesimen dikeluarkan dari *furnace* dengan tang penjepit
4. Kemudian dicelup ke media pendingin *Collant Radiator* (C-D)
5. Kemudian masukan kembali satu persatu spesimen kedalam *furnace* dan mengeset temperatur yang telah direncanakan yaitu 300°C , 400°C , 500°C (D-E)
6. Mengeset waktu penahanan suhu Selama 2 jam dari masing-masing Spesimen (E-F)
7. Setelah proses pemanasan selesai Masing-masing spesimen didinginkan di udara bebas sampai temperatur kamar.

Tahapan Pengujian Bahan

Pengamatan Mikrostruktur

- a. Permukaan spesimen yang akan dilihat struktur mikronya diampas hingga halus dengan menggunakan mesin pemoles
- b. Kekasaran amplas adalah 180, 240, 400, 800, 1000, 1200, 1500, 2000
- c. Permukaan yang telah dihaluskan dan dipoles kemudian di *etsa* menggunakan campuran cairan kimia yaitu ; Nitric Acid + Ethanol (1 : 50)
- d. Bagian yang telah di *etsa* , dilihat strukturnya menggunakan mikroskop dengan maksimal pembesaran 500x. e. Foto hasil pengamatan mikrostruktur dengan menggunakan kamera.

Uji Kekerasan Rockwell

- Letakkan spesimen diatas alat uji kekerasan.
- Beban yang digunakan adalah 150 Kg dengan waktu 30 detik
- Setelah spesimen siap nyalakan mesin uji kekerasan dan jalankan (*run*) Secara otomatis kerucut intan akan menekan spesimen sehingga menghasilkan jejak (*indentasi*) pada permukaan spesimen
- Setelah dianalisa maka didapatkan nilai kekerasan spesimen tersebut
- Lakukan hal yang sama dititik selanjutnya hingga terulang pengujian sebanyak empat titik.

Uji Impak

- Pastikan jarum berwarna merah sebagai penunjuk harga *impact* material pada posisi nol (0).
- Putarlah handel untuk menaikkan pendulum hingga jarum petunjuk beban berwarna hitam mencapai batas merah.
- Letakkan benda uji pada tempatnya dengan takik membelakangi arah datangnya pendulum. Pastikan benda uji tepat berada ditengah dengan bantuan *centre setting*.
- Tariklah *centre setting* keposisi semula
- Lepaskan tombol pada tangki pendulum sehingga pendulum berayun dan menumbuk benda uji.
- Lakukan pengereman dengan menarik tuas rem sehingga ayunan pendulum dapat dikurangi
- Bacalah nilai yang ditunjukkan oleh jarum merah dan hitunglah harga impact menggunakan rumus dasar.

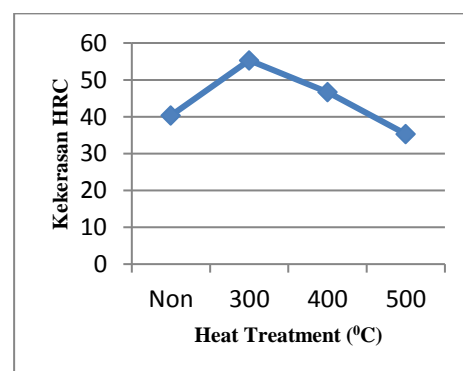
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berikut ini adalah tabel dan grafik hasil pengujian kekerasan sampel pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas dan yang telah diberi perlakuan panas tempering 300°C, 400°C, 500°C waktu penahanan 2 jam

Tabel 2. Data hasil uji kekerasan

N O	Spesime n	Kekerasa n	Rata -rata
1	Tanpa	40	40,3
	Perlakua n Panas	40	
		40,5 41	
2	Temperin g 300°C	55	55,3
		56,5	
		54 56	
3	Temperin g 400°C	48	46,7
		46	
		46,5 46,5	
4	Temperin g 500°C	32,5	35,3
		37	
		35 37	

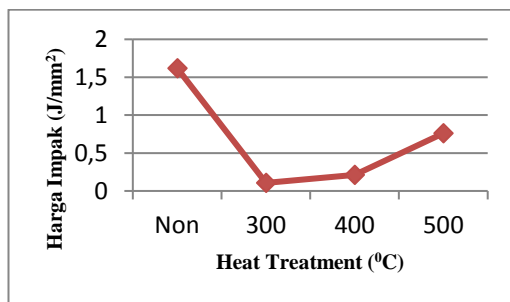


Gambar 5 Grafik uji kekerasan

Berikut ini adalah tabel perhitungan dan grafik hasil uji impact sampel pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas dan yang telah diberi

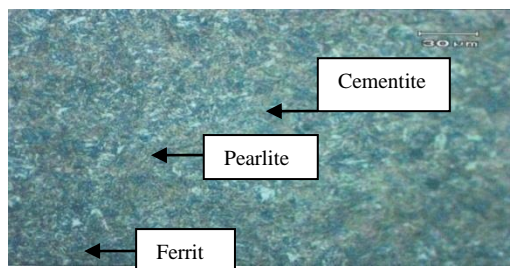
perlakuan panas tempering 300°C, 400°C, 500°C waktu penahanan 2 jam
 Tabel 3. Hasil Perhitungan Harga Impak

N O	Spesi men	α °	β °	Ao (m m ²)	Ese rap (J)	HI (J/m m ²)
1	Tanpa Perlak uan Panas	9 0	7 5	25	40.4 8	1,61 92
2	Temp eratur 300°C	9 0	8 9	25	2,66	0,10 64
3	Temp eratur 400°C	9 0	8 8	25	5,33	0,21 32
4	Temp eratur 500°C	9 0	8 3	25	18,9 8	0,75 92

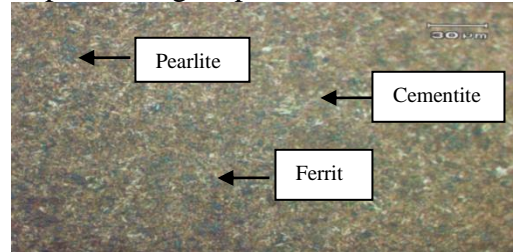


Gambar 6. Grafik Uji Impak

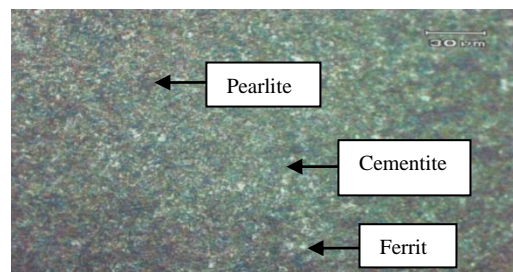
Berikut ini adalah Struktur mikro dari sampel pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas dan yang telah diberi perlakuan panas tempering 300°C, 400°C, 500°C waktu penahanan 2 jam



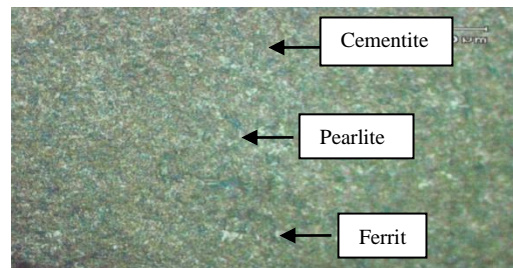
Gambar 7. Struktur mikro pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas dengan pembesaran 500x.



Gambar 8. Struktur mikro pisau pemotong rumput tempering 300°C dengan pembesaran 500x.



Gambar 9. Struktur mikro pisau pemotong rumput tempering 400°C dengan pembesaran 500x.



Gambar 10. Struktur mikro pisau pemotong rumput tempering 500°C dengan pembesaran 500x

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa Perlakuan panas tempering berpengaruh terhadap struktur mikro, kekerasan dan ketahanan impak. Pada pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas memiliki struktur

mikro perlit, yang terbentuk campuran ferrit dan *cementite* hal ini ditunjukkan dengan nilai kekerasan 40,3 HRC, sedangkan harga impak yaitu 1,6192 J/mm². Pada pisau pemotong rumput yang diberi perlakuan panas tempering 300⁰C selama 2 jam struktur mikro adalah *Pearlite (dask area)*, pada temperatur 300⁰C ini terjadi penambahan *cementite* dan berkurangnya perlit. Sehingga pada sampel ini kekerasan mengalami peningkatan dari pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas yaitu 55,3 HRC, sedangkan harga impak sangat rendah yaitu 0,1064 J/mm² dibandingkan dengan pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas sehingga sampel pada temperatur ini mengalami patah getas.

Pada pisau pemotong rumput yang diberi perlakuan panas tempering 400⁰C selama 2 jam struktur mikro adalah *Pearlite (dask area)*, pada temperatur 400⁰C ini terjadi pengurangan *cementite* dan bertambahnya *pearlite* dibanding dari spesimen yang diberi perlakuan panas 300⁰C. Pada temperatur 400⁰C ini kekerasan menurun dari temperatur 300⁰C tetapi masih mengalami peningkatan kekerasan dari pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas yaitu 46,7 HRC, dan ketahanan impak lebih besar dibanding tempering 300⁰C tetapi masih rendah dibanding pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas yaitu 0,2132 J/mm², sehingga sampel pada temperatur ini masih mengalami patah getas.

Kemudian pada pisau pemotong rumput yang diberi perlakuan panas tempering 500⁰C struktur mikro

adalah *Pearlite (dask area)*, pada temperatur 500⁰C ini struktur ferrit bertambah dan lebih halus dari spesimen tanpa perlakuan panas dan spesimen yang diberi perlakuan panas 300⁰C dan 400⁰C. Tetapi *pearlite* berkurang bila dibandingkan spesimen tanpa perlakuan panas. Pada temperatur 500⁰C ini kekerasan menurun dari pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas dan tempering 300⁰C dan 400⁰C yaitu 35,5 HRC, ketahanan impak meningkat dari temperatur tempering 300⁰C dan 400⁰C tetapi masih tetap lebih rendah dari pisau pemotong rumput tanpa perlakuan panas yaitu 0,7592 J/mm².

KESIMPULAN

1. Peningkatan kekerasan yang paling tinggi terdapat pada spesimen yang diberi perlakuan panas tempering 300⁰C selama 2 jam tetapi tidak tahan terhadap ketahanan impak disebabkan hilangnya struktur mikro *pearlite* dan bertambahnya *cementite* sehingga spesimen menjadi keras dan getas.
2. Peningkatan kekerasan yang paling rendah terdapat pada spesimen yang diberi perlakuan panas tempering 500⁰C tetapi tetap tidak tahan terhadap beban impak dibanding pisau pemotong tanpa perlakuan panas disebabkan berkurangnya *pearlite*
3. perlakuan panas tempering berpengaruh terhadap struktur mikro
4. perlakuan panas tempering berpengaruh terhadap ketahanan impak dan kekerasan material

REFERENSI

Amstead. 1997. Teknologi Mekanik. Erlangga.Jakarta. edisi ketujuh

<http://www.nssmc.com> NIPPON STEEL & SUMITO METAL Diakses tanggal 21 November 2017.pukul 01:20 WIB.

Mulyadi dan Sunitra, Eka. 2010. Kajian Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Sebagai Akibat Proses dari Proses Karburisasi dan Proses Quenching pada Material Gigi Perontok Power Thresher. Jurnal Teknik Mesin. Volume 7. Nomor 1. Halaman 33-49.

Sriati Djaprie, 2000. Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material Edisi ke 6, Terjemahan dari Modern Physical Metallurgy dan Materials Engineering 6th.

Sriati Djaprie, 1993. Metalurgi Mekanik Edisi ke 3, Terjemahan Dari Mechanical Metallurgy, 3rd Edition

Shackelford, James, F. 1996. Introduction to Material Science for Engineering.