



# PENGARUH PENEMPAAN BERULANG TERHADAP KEPADATAN STRUKTUR MIKRO DAN POTENSI KOROSI PADA PISAU SEMBELIH TERNAK

Abdul Choliq

*Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1 Tangerang Selatan, Indonesia*

E-mail: dosen02127@unpam.ac.id

Masuk: Desember 2019    Direvisi: 18 Maret 2020    Disetujui: 25 Maret 2020

**Abstrak:** Korosi pada pisau sembelih menjadikan pisau harus diasah kembali agar dapat dipakai. Material bilah pisau yang terbuat dari baja biasanya mengandung inklusi/pengotor. Apabila inklusi itu ada dalam jumlah banyak, maka dapat menyebabkan kerapuhan pada bilah dan menimbulkan potensi korosi. Penelitian dilakukan terhadap pegas daun mobil untuk dibuat pisau sembelih ternak melalui proses tempa tradisional secara berulang. Sebagai acuan pembuatan pisau adalah pisau sembelih merk Z. Dari hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa pada material pegas tampak banyak inklusi berupa flek-flek menyebar rata. Di sekitar inklusi juga tampak potensi korosi akibat oksidasi antara sisa air saat preparasi yang terjebak pada celah di sekitar inklusi dengan oksigen. Setelah kedua pegas tersebut ditempa secara berulang untuk dibentuk menjadi bilah pisau dan diberikan perlakuan panas, maka struktur mikro pisau menjadi lebih padat dan halus. Inklusi dan oksidasi pada material tidak tampak jelas lagi. Kekerasan pada sampel *heat treatment* dan sampel pisau mencapai  $\pm 700\text{HV}$ , mendekati kekerasan pisau merk Z sebagai acuan. Maka disimpulkan bahwa penempaan yang dilakukan berulang-ulang memberikan efek kepadatan struktur mikro pisau yang lebih optimal sehingga inklusi menjadi lebih kecil dan potensi oksidasi dapat diminimalisir.

**Kata Kunci:** Pisau sembelih, pegas daun mobil, penempaan tradisional, perlakuan panas.

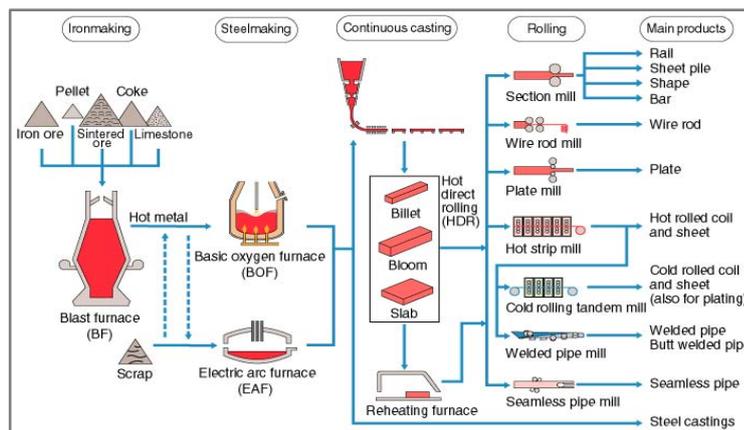
**Abstract:** *Corrosion on the slaughtering knife makes the knife must be sharpened again to be used. Blade material made of steel usually contains inclusions / impurities. If the inclusions are present in large quantities, they can cause fragility of the blades and cause corrosion. The study was conducted on car leaf springs to make slaughtering knives through repeated traditional forging processes. As a reference for making a knife is a Z brand slaughtered knife. From the observations of the microstructure, it shows that the material of springs shows a lot of inclusions in the form of flat spread spots. Around the inclusion also appears the potential for corrosion due to oxidation between the remaining water when the preparation is trapped in the gap around the inclusion with oxygen. After the two springs are repeatedly forged to be formed into blades and given heat treatment, the microstructure of the blade becomes denser and smoother. Inclusions and oxidations in the material are no longer apparent. The hardness in the heat treatment sample and the knife sample reached  $\pm 700\text{HV}$ , approaching the hardness of the brand Z blade as a reference. It was concluded that repeated forging had a more optimal effect on the density of the microstructure of the blade so that the inclusions were smaller and the oxidation potential could be minimized.*

**Keywords:** *Slaughter knives, car leaf springs, traditional forging, heat treatment.*

## PENDAHULUAN

Pegas daun mobil merupakan material alternatif pembuatan bilah pisau untuk pemotongan hewan [1]. Pegas daun merupakan baja yang dibuat melalui proses panjang, dari penambangan bijih besi, industri hulu, industri antara, hilir dan industri manufaktur pegas daun mobil. Industri hulu meliputi proses ekstraksi dan reduksi bijih besi. Proses ini dilakukan dalam tanur tinggi (*Blast Furnace*) dengan menambahkan *deoxidizer* berupa kokas, batu kapur bersama bijih besi dan dilebur dengan gas alam panas hingga menjadi logam dasar (ingot primer/besi sponge cair).

Proses reduksi bertujuan melepaskan ikatan oksigen dari bijih besi seperti  $Fe_2O_3$ ,  $FeO_4$ ,  $FeCO_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  dan  $MgO$  [2] [3]. Industri antara meliputi peleburan ingot, pemaduan, *continuous casting* hingga menghasilkan baja berbentuk *billet*, *bloom*, *slab* [4]. Pada tahap *melting* dan *alloying* terjadi reaksi oksidasi antara ingot dan paduan-paduan yang diumpangkan dalam BOF-EAF sehingga akan menghasilkan besi bersih dan oksida seperti  $SiO_2$ ,  $MnO$ ,  $P_2O_5$  dan  $CaS$  berupa terak [5]. Terak tersebut dibuang, sementara besi yang bersih direduksi kembali dengan menambahkan material *deoxidizer* dan *desulphurizing* untuk mengangkat terak sisa oksidasi ( $FeO$ ,  $MnO$ ) dan terak karbida [2]. Industri hilir meliputi proses pembentukan baja dengan *hot direct rolling* dan *hot milling* hingga menghasilkan baja bentuk setengah jadi berupa *plate*, *strip*, *sheet*, *profil section*, *wire*, dan *pipe* [4]. Terakhir adalah industri manufaktur pegas daun meliputi *cutting*, *forming*, *heat treatment*, dan *assembly* [6]. Meskipun proses pemurnian baja dilakukan sedemikian rupa, pada kenyataannya oksida baja dari proses oksidasi tetap tersisa pada baja, terjebak di permukaan dan bagian dalam baja yang lazim disebut sebagai *oxide inclusions* [5]



Sumber: Kawasaki Steel, 2003

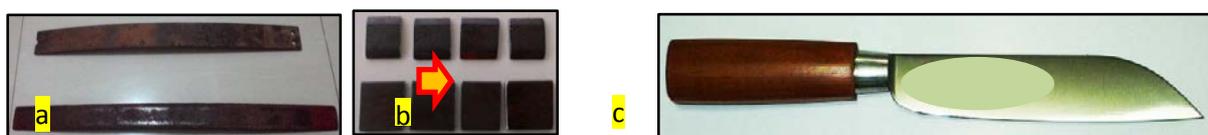
Gambar 1. Alur proses pembuatan baja

Dalam proses pembuatan pegas daun, baja berbentuk *billet* digiling (*hot milling*) dalam beberapa tahap hingga berbentuk pelat sehingga dimensinya jauh lebih tipis, namun bukan berarti inklusi di dalamnya hilang. Inklusi tersebut masih ada dan kadang berbutir kasar. Setelah melewati proses *rolling* dan *milling* di sekitar butir inklusi biasanya muncul celah (*cavity*) [5]. Ukuran celah sangat kecil, namun celah itu dapat menjebak air dipermukaan material. Air dan oksigen memberikan efek oksidasi pada unsur Fe baja sehingga menimbulkan korosi di permukaan material. Manakala keberadaan unsur pengotor tersebar rata, maka laju korosi permukaan akan berlangsung lebih cepat. Hal ini tentu tidak baik pada bilah pisau yang pasti akan sering terpapar air pada saat pencucian dan pengasahan. Banyaknya inklusi akan menurunkan ketangguhan bilah pisau [5]. Pada industri manufaktur pisau, penempaan pisau menggunakan mesin tempa (*die forging*) yang dihunjamkan pada pelat baja panas untuk memperoleh bentuk sekaligus kepadatan [7]. Penempaan yang dilakukan dengan sekali hunjaman kadang memberikan dampak optimal dalam memadatkan struktur bilah pisau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak penempaan konvensional secara berulang terhadap kepadatan struktur mikro pisau yang dibuat dari pegas daun mobil. Konsep pembuatan pisau secara tradisional memiliki kekurangan dalam hal efisiensi dan produktifitas, namun pada kenyataannya masih dipakai oleh produsen pisau diberbagai negara, terutama dalam industri rumahan yang memproduksi pisau dalam skala yang kecil.

## METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Alat, Bahan dan Proses

Pegas daun mobil yang diteliti terdiri dua jenis pegas (X dan Y) (Gb.2.a). Pegas dipotong menjadi beberapa sampel. (Gb.2.b) Pisau yang dijadikan acuan adalah pisau merk Z (Gb.2.c) yang diketahui memiliki kualitas baik sebagai pisau sembelih [8].



Gambar 2. Pegas daun (a), sampel material (b), pisau merk Z (c).

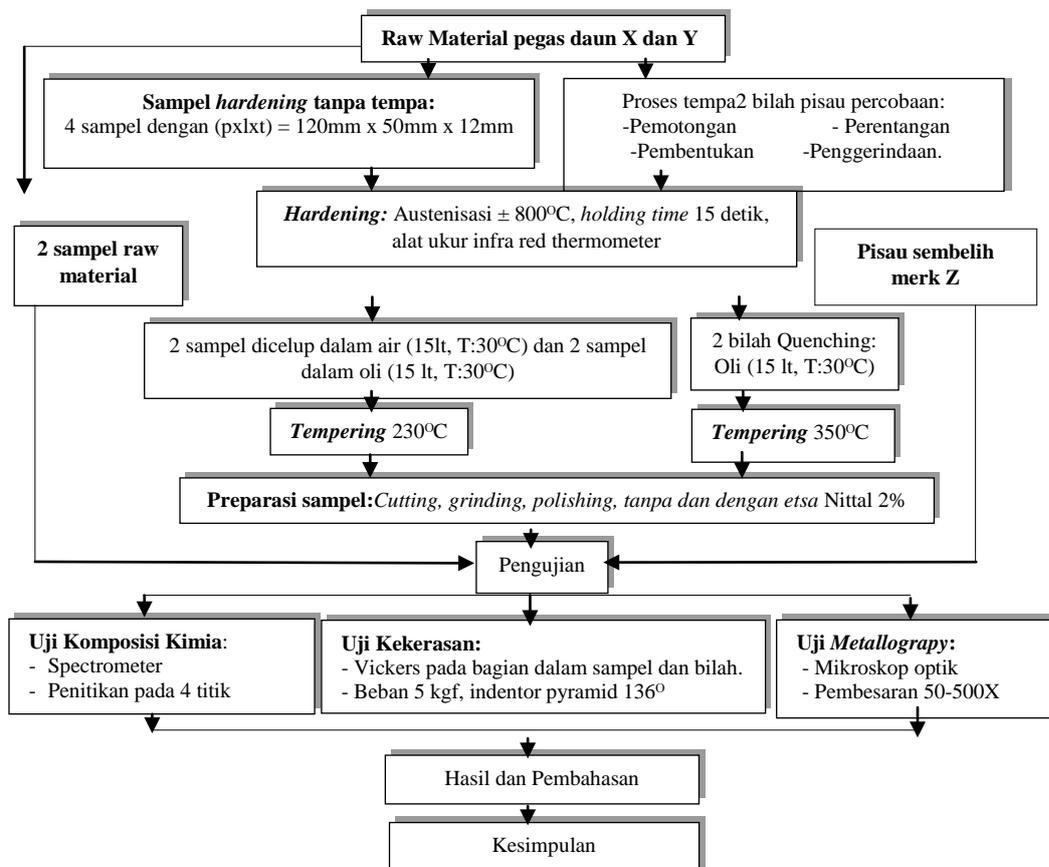
Alat pemanas berupa tungku api tradisional (Gb.2.2a), udara ditiupkan blower listrik (Gb.2.2b), bahan bakar arang kayu. Pengukur temperatur berupa *infrared thermometer* kapasitas  $-32^{\circ}\text{C}\rightarrow 900^{\circ}\text{C}$  (Gb.2.2c). Media *quenching* berupa air dan oli mesin sebanyak 15liter dengan temperatur  $30^{\circ}\text{C}$ . Temperatur austenisasi  $\pm 800^{\circ}\text{C}$ , *holding time* 15 detik, temper  $\pm 230^{\circ}\text{C}$ , *holding time* 15 detik dan didinginkan di udara bebas saat itu yang terukur  $30^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 3. Peralatan dan kelengkapan pemanas tempa

Bilah pisau dibuat dengan beberapa kali pemanasan dan penempaan. Alat tempa berupa palu 3kg dan 5kg, paron/anvil, dan tang jepit. Pegas dengan ukuran awal (p x l x t) mm (320 x 35 x 4,5) mm ditempa menjadi bilah pisau berukuran (p x l x t) mm (400 x 45 x 0,5) mm pada sisi mata pisau, dan 3,5mm pada sisi tebal pisau. Penyepuhan dilakukan dengan austenisasi  $\pm 800^{\circ}\text{C}$ , *holding time* 15 detik, *quenching* oli, temper  $\pm 350^{\circ}\text{C}$ , *holding time* 15 detik, dan pendinginan di udara bebas. Preparasi sampel dilakukan dengan dan tanpa etsa. Perbesaran pemotretan mikroskop optik 50x-500x.

## 2.2 Diagram Alir



Gambar 4, Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Komposisi Kimia

Data pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa pisau Z, pegas mobil X dan Y semua berjenis medium karbon. Unsur Cr dan Ni pisau impor Z lebih dominan. Unsur ini meningkatkan mampu bentuk dan mampu keras [9]. Pegas X memiliki paduan Si dan Mn tinggi, unsur ini akan menambah *yield point* dan menurunkan sifat mampu tempa [9]. Pegas mobil Y, unsur Cr dan Ni cukup tinggi, kadar Cr, Al dan Cu yang lebih akan membuat lebih tahan korosi [9]. Material yang mendekati pegas X adalah *Spring Steel* AISI 9260. Material yang mendekati pegas Y adalah *Spring Steel* AISI 5160. Material yang mendekati pisau impor Z adalah *Spring Steel* AISI 1060 [10]. Komposisi kimia ketiga material dapat dilihat pada tabel 3.1. Standar material yang mendekati ketiganya dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 1 Komposisi kimia sampel uji dan pisau

Sampel	Kandungan dalam %											
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	S	P	Co	Sisa
Pegas X	,674	1,81	,84	,14	,06	,013	,079	,018	,02	,02	,03	96,2
Pegas Y	,585	,26	,77	,82	,09	,042	,141	,032	,01	,03	,03	97,1
Pisau impor Z	,678	,20	,80	,32	,08	,017	,151	,009	,02	,04	,03	97,5

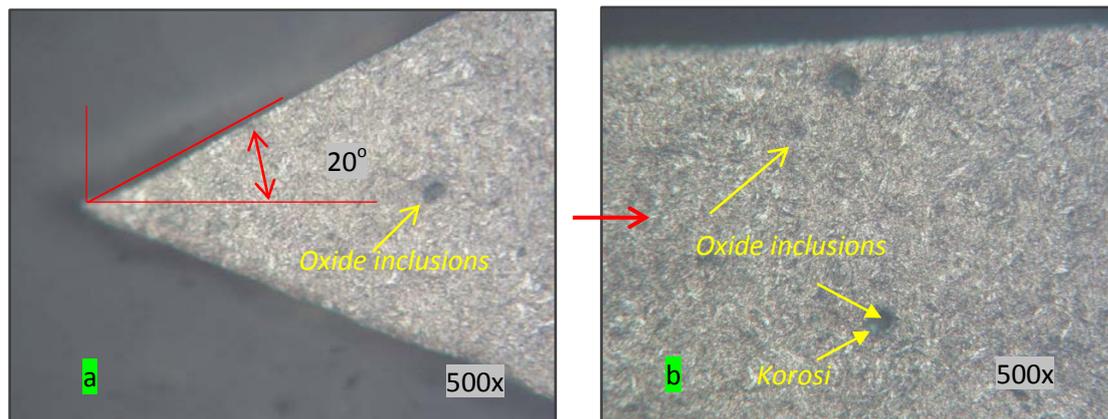
Tabel 2 Komposisi kimia material yang mendekati sampel uji dan pisau

No	Design Standard	Grade	Weight %						
			C	Mn	Si	P	S	Cr	Other
1.	ASTM A689-97(2002)	9260	,56-,64	,75-1,00	1,8-2,2	,035	,040	...	...
2.	ASTM A 689-97(2002)	5160	,56-,64	,75-1,00	,15-,35	,035	,040	,70-,90	
3.	ASTM A689-97(2000)	1060	,55-,65	,60-,90	,15-,30	,040	,050	...	

Sumber: Handbook of Comparative World Steel Standards [10]

### 3.2 Pengamatan Struktur mikro

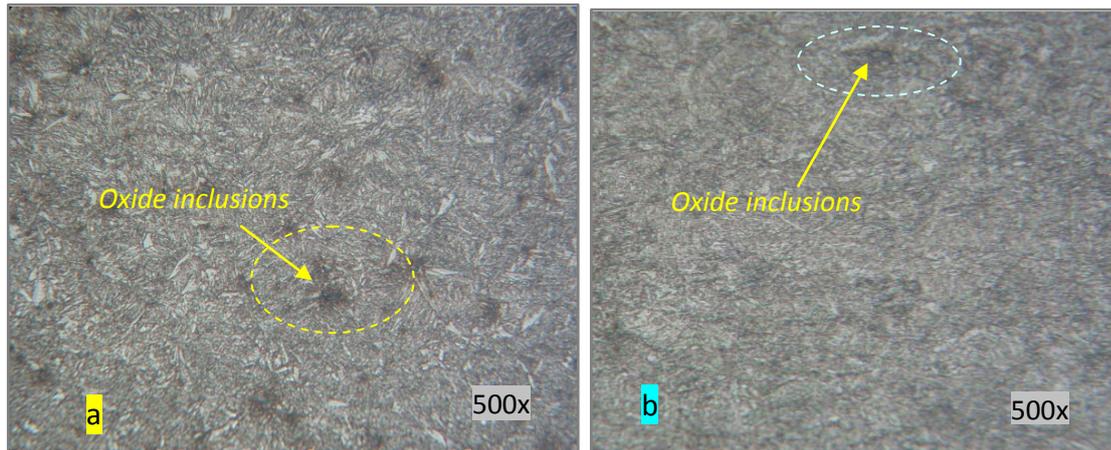
Pengamatan struktur mikro pada pisau Z yang dipotong melintang dan diamati bagian dalamnya dari daerah mata pisau hingga punggung pisau. Hasil pengamatan dapat dilihat pada gb. 5 a dan 5 b.



Gambar 5 Foto struktur mikro pisau Z

Struktur mikro pada daerah mata pisau (Gambar 3.1a) dan punggung pisau (Gambar 3.1b) berupa matrik martensit temper dengan butir karbida halus menyebar rata. Tampak adanya inklusi Mn-S dalam butir yang kasar berwarna hitam pekat, serta potensi korosi (warna terang) di sekitar butir inklusi.

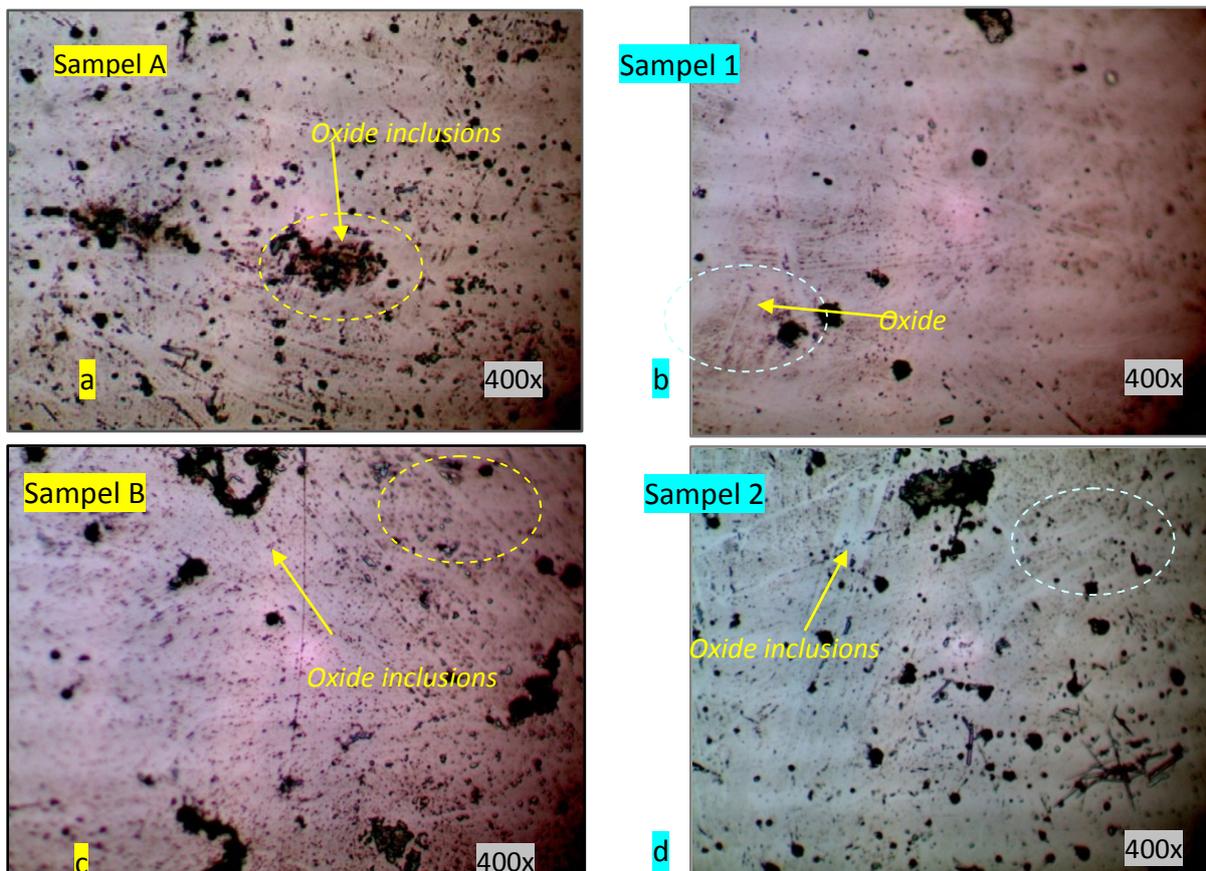
Pada raw material pegas daun dilakukan pengamatan struktur mikro dengan lebih dahulu dilakukan etsa, perbesaran 500x. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 5. a dan 5.b.



Gambar 6. Struktur mikro sampel pegas dengan diberikan etsa

Struktur mikro raw material pegas daun mobil X (Gb. 6 a) dan pegas daun mobil Y (Gb.6 b) berupa matrik martensit temper dengan butir karbida halus (putih) menyebar rata. Pada kedua sampel tampak banyak inklusi berupa flek hitam yang hampir menyebar rata di semua bagian.

Untuk meyakinkan bahwa flek hitam yang tampak bukan karena kesalahan preparasi atau karenabekas pencucian yang kurang kering, maka sampel dipreparasi ulang tanpa etsa dan pencucian kemudian diamati ulang dengan foto struktur mikro seperti terlihat pada gambar 7.

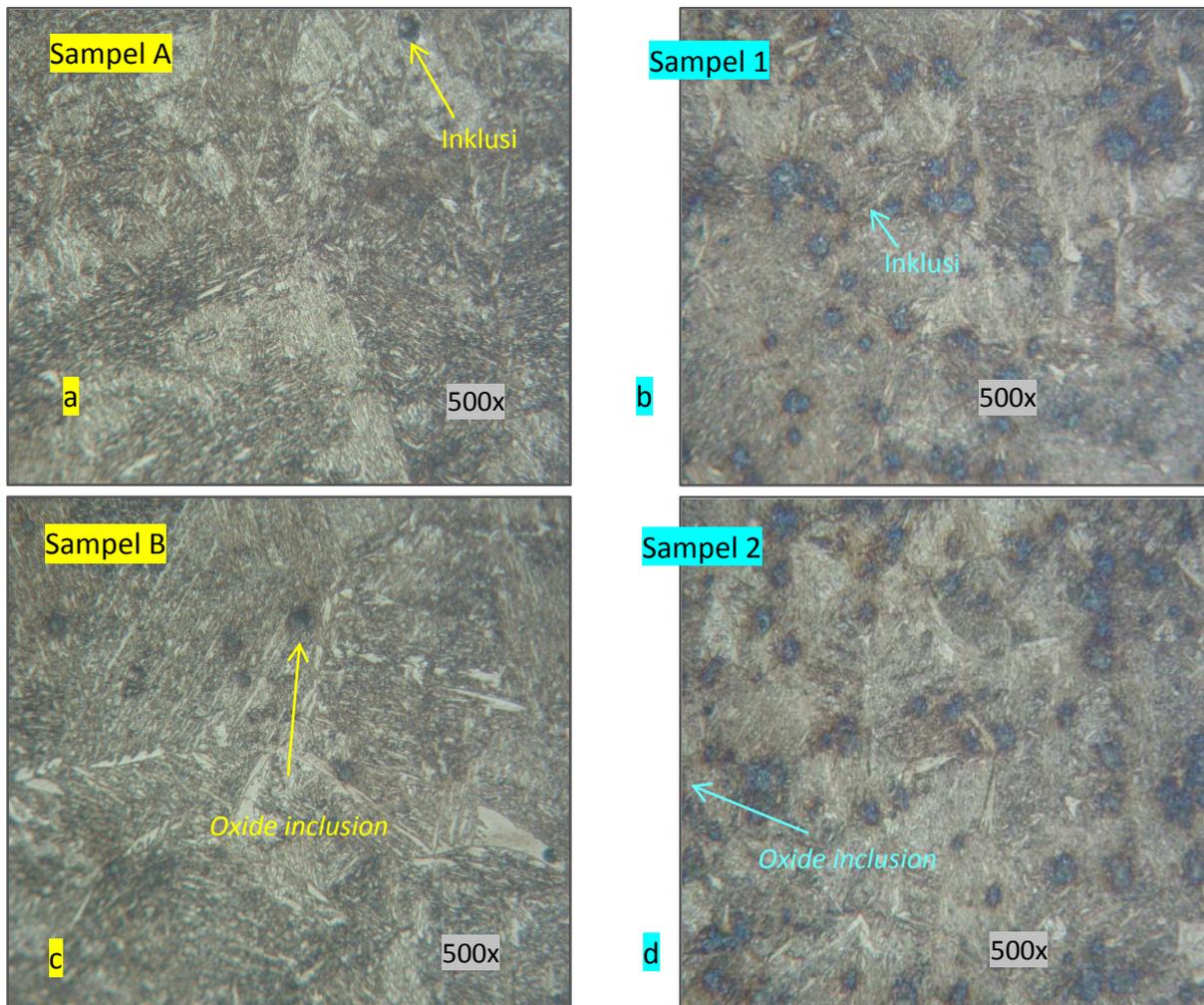


Gambar 7. Foto struktur mikro sampel *heat treatment* tanpa etsa

Hasil *heat treatment* pegas daun X (Gambar 7a) dan pegas daun Y (Gambar 7b) *quench* air, dengan perbesaran mikroskop 400x menampakan adanya butiran inklusi pada kedua sampel yang tampak lebih jelas. Demikian

juga struktur mikro sampel hasil *heat treatment* pegas daun X (Gambar 7c) dan pegas daun Y (Gambar 7d) *quench* oli dengan perbesaran mikroskop 400x, juga menampakan adanya inklusi yang tampak semakin jelas. Maka jelas bahwa flek-flek tersebut merupakan inklusi bawaan dari material.

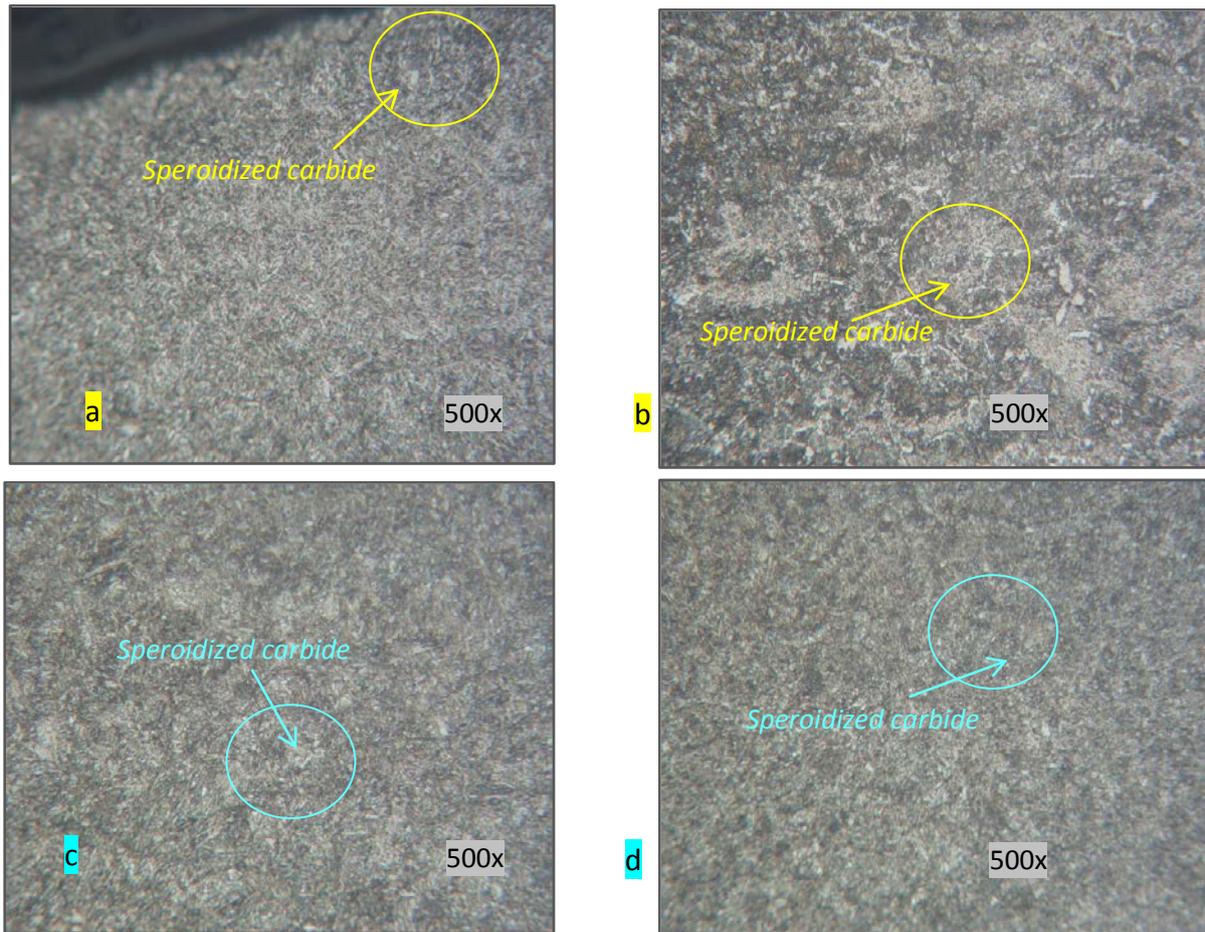
Gambar 8 di bawah ini merupakan foto struktur mikro sampel pegas X dan Y yang diberikan *heat treatment* dan dipreparasi dengan diberikan etsa nital 2% sebelum pengamatan struktur mikro.



Gambar 8. Foto struktur mikro sampel *heat treatment* dengan etsa nital 2%

Hasil *heat treatment* pegas daun mobil X (Gambar 8a) dan pegas daun mobil Y (Gambar 8b) *quench* air, perbesaran 500x serta etsa nital 2% menampakan struktur martensit dan austenit sisa. Inklusi (bintik warna gelap) pada kedua sampel dan oksidasi (abu-abu terang) di sekitarnya tampak lebih jelas setelah *heat treatment* setelah etsa dan pencucian. Demikian juga pada hasil *heat treatment* pegas daun X (Gambar 8c), dan hasil percobaan *heat treatment* pegas daun Y (Gambar 8d) *quench* oli, perbesaran 500x pada mikroskop menampakan struktur mikro martensit dengan austenit sisa (warna putih). Inklusi serta potensi korosi di sekitarnya tampak jelas dan menyebar rata.

Pengamatan struktur mikro pada pisau percobaan dilakukan dengan cara memotong lintang bilah pisau sehingga tampak bagian dalam. Pengamatan dilakukan mulai dari daerah mata pisau hingga mendekati punggung pisau. Hasilnya seperti tampak pada gambar 9.



Gambar 9. Foto struktur mikro pisau percobaan dari pegas X dan Y

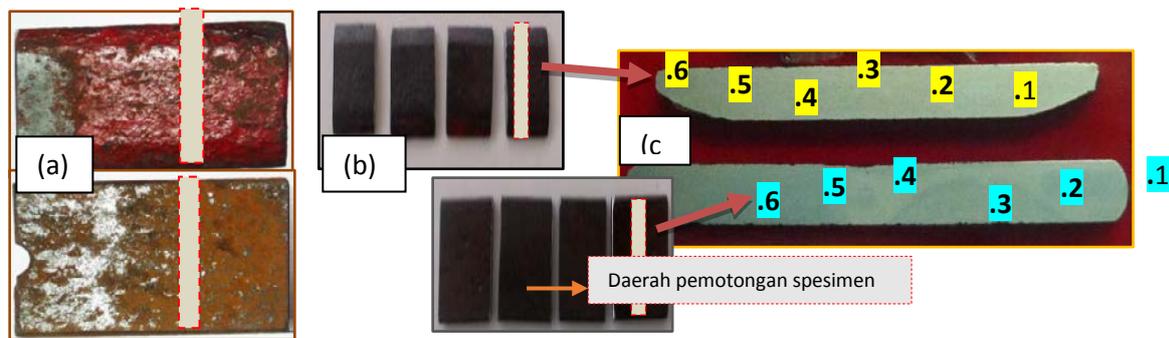
Pisau material pegas X yang disepuh bagian tajamnya (Gb.9a), berstruktur mikro martensit dengan butir karbida krom (*spheroidized carbide*) menyebar rata. Pada daerah tebal (Gb.9b) struktur mikro berupa martensit halus dan sisa austenit dibatas butir. Tidak ada keretakan pada pisau baik pada sisi tajam maupun sisi tebal. Flek berupa inklusi dan oksidasi tidak terlihat jelas lagi, struktur lebih halus efek dari setelah penempaan. Demikian juga pada pisau material pegas Y disepuh menyeluruh, struktur mikro berupa martensit dan butir karbida krom (*spheroidized carbide*) menyebar rata. Pada daerah tajam (Gb.9c) maupun daerah tebal pisau Y (Gb.9d) struktur mikro martensit halus dan sisa austenit dibatas butir dalam ukuran lebih kecil. Flek berupa inklusi dan oksidasi juga tidak tampak jelas lagi.

Dari foto-foto struktur mikro di atas jelas bahwa unsur-unsur pepadu yang dimasukkan saat peleburan dan beroksidasi akan membentuk kotoran yang kemudian terjebak dalam baja saat pengecoran muncul sebagai butir-butir inklusi/pengotor dalam baja. Meskipun dalam proses manufaktur pegas dimampatkan melalui proses pengerolan, namun butir inklusi masih tampak jelas dan berbutir kasar. Hal ini dibuktikan dengan foto struktur mikro kedua jenis pegas (X dan Y) yang menampakkan inklusi dalam jumlah banyak dan menyebar rata (Gb.7). Penempaan yang dilakukan hanya sekali belum mampu memampatkan struktur mikro secara maksimal, hal ini terlihat pada foto struktur mikro pisau Z yang masih menyisakan inklusi (Gb.5) meskipun tidak sebanyak inklusi pada raw material pegas X dan Y (Gb.6). Pemanfaatan pegas daun untuk dijadikan bilah pisau mutlak membutuhkan pemanasan dan penempaan berulang untuk memperoleh kualitas kepadatan struktur mikro yang maksimal. Terbukti dari hasil foto struktur mikro bilah pisau percobaan dari pegas X dan Y yang ditempa secara berulang mampu memampatkan struktur mikro pisau. Struktur mikro tampak lebih halus dan inklusi tidak lagi tampak dengan jelas (Gb.9). Jika penempaan dilakukan dalam sekali hunjaman, maka tidak mencapai kepadatan optimal. Manakala kepadatan struktur mikro tidak optimal, keberadaan butir inklusi dalam jumlah banyak akan

menurunkan ketangguhan pisau. Selain itu celah (*cavity*) di sekitar inklusi akan menjadi tempat terjebaknya air di permukaan pisau dan menjadi potensi munculnya korosi.

### 3.3 Uji Kekerasan

Untuk menguatkan hasil penelitian agar lebih lengkap, maka selain pengamatan struktur mikro, maka dilakukan pengujian kekerasan dengan metode Vickers. Metode ini dipilih mengingat spesimen yang diamati ukurannya kecil. Pengujian dilakukan pada bagian dalam dan dilakukan pada beberapa titik seperti pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 10. Material uji dan titik uji kekerasan

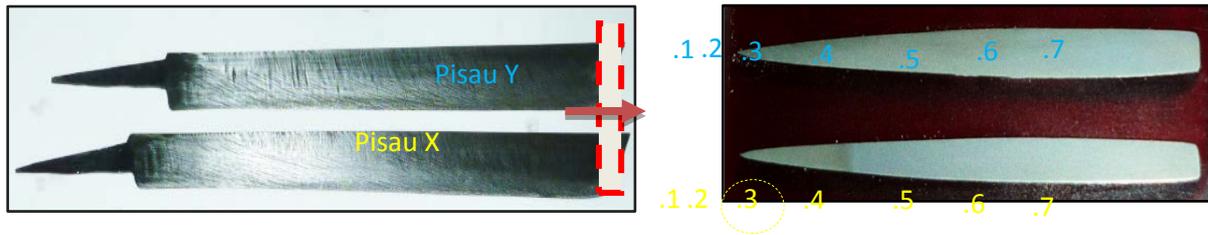
Raw material pegas X dan Y (a) dipotong pada bagian tengah, demikian pula pada sampel yang berikan *heat treatment* (b).Salah satu sisi yang dipotong dijadikan specimen untuk diuji kekerasannya (c). Hasil pengujian kekerasan tersebut dirangkum dalam tabel 3.

Tabel 3. Nilai kekerasan dalam Vickers sampel pegas X dan Y pada potongan lintang.

Sampel	Temperatur dalam °C		Kekerasan Dalam Vickers (HV)			
	Austenisasi	Temper	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-rata
Raw material X	-	-	412	418	423	419
X1 Quench Air	805,2	208,6	767	767	712	748
X2 Quench Oli	802,6	218,6	767	767	712	748
Raw material Y	-	-	460	460	460	460
Y1 Quench Air	810,7	236,1	767	753	753	757
Y2 Quench Oli	817,8	230,6	753	753	767	747

Sampel pegas X maupun Y ketika dikeraskan/*hardening* dengan austenisasi  $\pm 800^{\circ}\text{C}$ , *holding time* 15 detik, dicelup dan diaduk dengan oli maupun air, kemudian ditemper pada temperatur  $\pm 200^{\circ}\text{C}$  ternyata sama-sama mengalami peningkatan nilai kekerasan dari 400 HV hingga mencapai  $>700\text{HV}$ . Artinya pengerasan dengan variabel tersebut mampu membentuk kekerasan material yang memadai.

Sementara itu, pisau hasil percobaan dari pegas X dan Y yang dibuat dengan variabel *hardening* dan *tempering* yang sama dengan sampel juga dipotong melintang pada daerah yang mendekati ujung pisau yang mengalami efek *quenching* lebih awal. Daerah tersebut di potong dan diuji kekerasannya pada beberapa titik, mulai dari daerah yang mendekati mata pisau hingga punggung pisau. (Lihat gb.11).



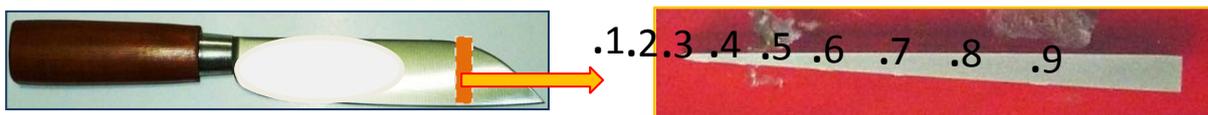
Gambar 11. Pisau yang dipotong melintang dan diukur kekerasannya pada beberapa titik

Nilai kekerasan pada titik 1, 2, dan 3 pisau X lebih tinggi daripada titik 4, 5, dan 6. Hal ini terjadi karena daerah pisau X yang dikeraskan hanya yang mendekati mata pisau saja, sedangkan daerah yang mendekati punggung pisau tidak dikeraskan. Perbedaan secara visual tampak pada warna daerah mata pisau X yang lebih gelap daripada daerah punggung pisau X. Pada pisau Y semua bagian pisau dikeraskan sehingga kekerasannya tidak berbeda jauh. Hasil ujikekerasan pisau dirangkum dalam tabel 4.

Tabel .4. Nilai kekerasan pisau percobaan dalam (HV)

Kekerasan Pisau Percobaan Dalam HV							
Pisau dan Variabel <i>Hardening</i>	Titik						
	1	2	3	4	5	6	7
Pisau X, Austenisasi 799,8°C, holding time 15 detik, celup oli, dan temper 353,2°C	732	753	725	313	313	306	309
Pisau Y, Austenisasi 792,5°C, holding time 15 detik, celup oli, dan temper 353,2°C	612	622	622	622	642	632	643

Pisau Z juga dipotong melintang di daerah yang dekat ujung pisau, kemudian dilakukan pengujian kekerasan pada beberapa titik (Gb.3.8). Hasil pengujian ditampilkan dalam tabel 5.



Gambar 11. Potongan lintang pisau merk Z

Tabel 5. Hasil uji kekerasan pisau Z

Titik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rata-rata
HV	613	609	612	612	614	612	617	612	621	613

Nilai kekerasan yang dicapai oleh sampel pegas X dan Y meningkat setelah diberikan *heat treatment*. Demikian pula kekerasan sampel pegas X dan Y setelah dibuat pisau, kekerasannya mendekati kekerasan pisau Z, meskipun dalam proses pembuatannya dilakukan dengan cara berbeda. Namun dalam hal struktur mikro yang terbentuk, kedua proses menghasilkan perbedaan. Struktur mikro pisau yang ditempa secara berulang tampak lebih halus dan tidak menampilkan butir-butir inklusi. Sedangkan pisau Z yang ditempa dengan sekali hunjaman (*die forging*) struktur mikronya lebih kasar dan butir-butir inklusi masih tampak jelas manakal diamati dengan mikroskop optik.

### KESIMPULAN

Material pegas mobil X, Y dan pisau Z berjenis *medium carbon steel* dengan kadar fosfor dan sulphur di bawah ambang maksimal (< 0,05%). Proses pengerolan pada pegas daun serta penempaan pada pisau Z masih menyisakan butir inklusi yang kasar dan menyebar rata. Untuk memperoleh kepadatan struktur mikro bilah pisau, maka penempaan secara berulang mutlak diperlukan. Terbukti melalui foto struktur mikro, bilah pisau dari pegas daun mobil yang dipanaskan dan ditempa berulang menghasilkan struktur mikro yang lebih padat dan halus dibandingkan dengan raw material pegas daun yang diberikan *heat treatment* tanpa penempaan, dan lebih halus daripada bilah pisau Z yang dalam proses manufakturnya hanya ditempa dengan sekali hunjaman. Meskipun tingkat kekerasan yang terbentuk dari *heat treatment* tidak jauh berbeda, namun kepadatan struktur mikro ini nantinya akan berpengaruh pada ketangguhan pisau serta ketahanannya dalam korosi. Bagaimanapun, pisau-pisau yang dibuat dari material pegas daun mobil tidak tahan korosi karena bukan baja *stainless steel*. Maka agar pisau tidak cepat berkarat, perawatan dengan cara melumuri bilah pisau dengan minyak atau cairan anti karat harus dilakukan agar bilah pisau tidak cepat berkarat.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. C. d. D. Adnyana, "Optimalisasi Heat Treatment pada Proses Daur Ulang Pegas Daun Mobil untuk Pembuatan Pisau Sembelih Rumah Pemotongan Hewan, (2019), vol. 2, Juli 2019.
- [2] D. Prayitno, Teknologi Rekayasa Material, Jakarta: Universitas Trisakti, 2010.
- [3] D. & W. R. M. Witmer, "Relation between manganese oxide inclusions and microstructure of low-carbon rimmed steel sheet," 1971. <https://doi.org/10.1007/BF02663354>
- [4] J. 2. s. C. Fondation, Kawasaki Steel, 2003. [Online], 26 October 2019].
- [5] M. E. Foundation, Slide Share 12 August 2014. [taviyakunal/introduction-to-leaf-spring](https://www.slideshare.net/taviyakunal/introduction-to-leaf-spring).
- [6] B. G. T. (. Lifeng Zhang (Dr.), "Inclusions in Continuous Casting of Steel, 26-28 Nov. 2003.
- [7] W. GmbH, WÜSTHOF GmbH, 2014. [International/knowledge/production/the-evolution-of-a-precision-forged-knife/index.jsp](https://www.wusthof.com/en/knowledge/production/the-evolution-of-a-precision-forged-knife/index.jsp).
- [8] F. H. A. S. GmbH, "Top Quality Knives and Scissors Since 1727," [Online]. Available: <https://www.herder-solingen.de/e/profile/>.
- [9] T. S. S. S. Tata Surdia, (Buku) Jakarta, 2013.
- [10] J. E. Bringas, *Handbook of Comparative World Steel Standards*, 2004.
- [11] B. T. Sofyan, Pengantar Material Teknik, (Buku) Jakarta: Salemba Teknika, 2010.
- [12] ASM Internasional, Failure Analysis and Prevention, Forms of Corrosion, p; 1593, USA 2002.
- [13] ASM Internasional, ASM Handbook Vol. 13 "Corrosion", General Corrosion, p;177, USA 1987.