

## KARAKTERISASI PISAU DARI BAHAN WIRE ROPE TEMPAMANUAL

### KNIFE CHARACTERIZATION OF MANUAL WIRE ROPE MATERIAL

Syaiful Arif<sup>1\*</sup>, Koswara<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional  
<sup>1,2</sup> Jl. Moh Kahfi II Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, Indonesia, 12640

\*Koresponden Email: [syaifularif703@gmail.com](mailto:syaifularif703@gmail.com)

**Abstrak.** Pisau banyak dijumpai pada pengolahan makanan, untuk pembuatan pisau dilakukan oleh pande besi tradisional memproduksi pisau dengan pengetahuan metalurgi yang terbatas dimana pisau yang dihasilkan berkualitas rendah. Kualitas pisau yang di produksi pande besi tradisional dapat ditingkatkan dengan cara pemilihan material dasar, proses pembuatan, perlakuan panas serta proses akhir yang tepat, dengan memanfaatkan berbagai limbah salah satunya *wire rope*. *Wire rope* terbuat dari kawat baja yang disebut *piano wire* memiliki baja karbon C : 0,8 %. dengan campuran boraks dan amonium klorida sebagai fluks ketika pencampuran untuk memudahkan peleburan. Kualitas pisau sangat dipengaruhi oleh tingkat kekerasan dan ketangguhan material pisau. Pengujian dilakukan meliputi pengujian komposisi kimia, uji metalografi, uji kekerasan. Bagian tepi pisau memiliki kekerasan 712 HV sedangkan pangkal pisau 241 HV dikarenakan proses heat treatment pada tepi tajam, sedangkan komposisi kimia Fe-98,6 %, C-0,42 %, Si-0,206 %, Mn-0,505 %, Cr-0,05% dan P-0,0149 %. Fasa yang terjadi pada tepi tajam lebih dominan martensite sedangkan pangkal pisau ferrite, menunjukkan bahwa pisau dapat digunakan.

**Kata Kunci:** Pisau, Wire Rope, Pengujian Komposisi Kimia, Perlakuan Panas

**Abstract.** Knives are often found in food processing, for the manufacture of knives carried out by traditional blacksmiths producing knives with limited metallurgical knowledge where the resulting knives are of low quality. The quality of knives that are produced by traditional blacksmiths can be improved by selecting the right base material, manufacturing process, heat treatment and final processing, by utilizing various wastes, one of which is wire rope. Wire rope made of steel wire called piano wire has carbon steel C: 0.8%. with a mixture of borax and ammonium chloride as a flux when mixing to facilitate smelting. The quality of the knife is greatly influenced by the hardness and toughness of the knife material. Tests carried out include testing chemical composition, metallographic test, hardness test. The edge of the blade has a hardness of 712 HV while the base of the blade is 241 HV due to the heat treatment process on the sharp edge, while the chemical composition of Fe-98.6%, C-0.42%, Si-0.206%, Mn-0.505%, Cr-0,05% and P-0.0149%. The phase that occurs at the sharp edge is predominantly martensite while the base of the knife is ferrite, indicating that the knife can be used.

**Keywords:** Knife, Wire Rope, Chemical Composition Testing, Heat Treatment

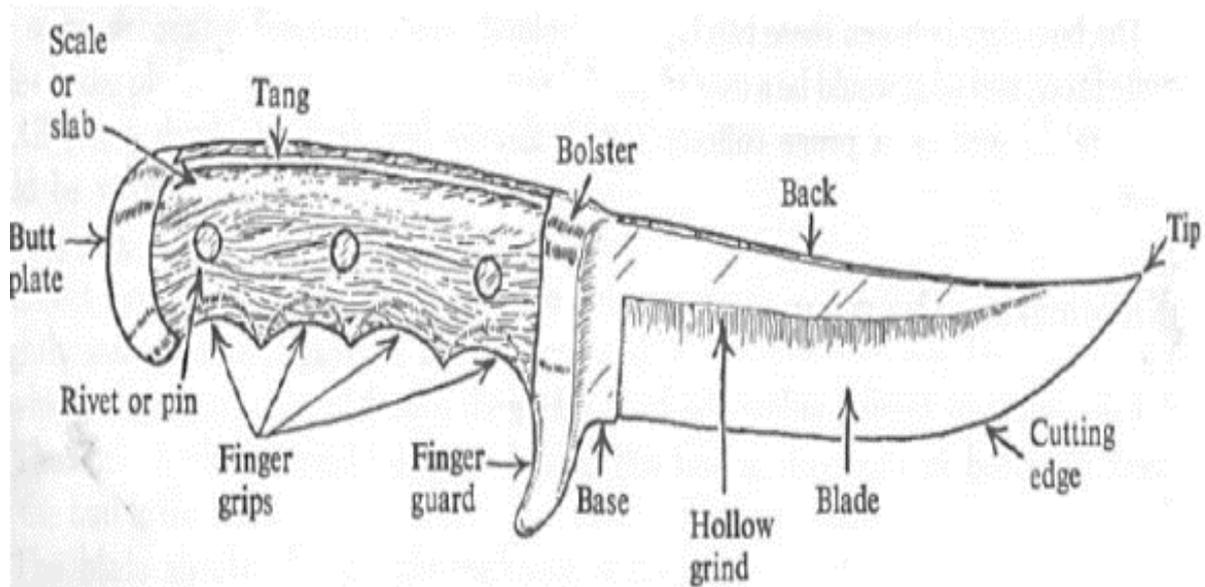
## 1. PENDAHULUAN

Pisau adalah alat-alat kuno yang menakjubkan yang telah ada. Sepanjang sejarah, pisau telah penting untuk kelangsungan hidup, serta untuk menyediakan makanan dan tempat berlindung. Dari bentuk awal, pisau yang dikembangkan karena kebutuhan, dan evolusi yang dapat ditelusuri melalui jalur teknologi. Bilah pisau terbuat dari logam dan bagian pinggirnya berbentuk pipih dan tajam (*cutting edge*) seperti ditunjukkan pada gambar 1. Bilah pisau memiliki sifat kekerasan, tahan aus,



tahan korosi, tahan terhadap benturan dan tajam. Sifat-sifat pisau ini dipengaruhi oleh unsur-unsur yang terkandung dalam bahan dan proses pembuatan yang digunakan [1].

Masa kini industri pembuatan pisau pemotong berkembang cukup pesat, hal ini disebabkan oleh beberapa aspek yang mendukung terutama teknologi proses dan teknologi material. Peningkatan mutu produksi pisau pemotong dihasilkan dengan cara memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanik dari bahan pisau tersebut. Proses perlakuan panas yang tepat pada logam sangatlah bermanfaat untuk memperbaiki sifat-sifat dari bahan pisau pemotong [1].



Gambar 1. Bagian-bagian pisau

Pembuatan pisau dari bahan *wire rope* yang dimana terdiri dari beberapa helai kawat dengan dicampurkan borax dan amonium klorida sebagai fluks agar mudah ketika pencampuran dalam proses peleburan. Rumus kimia borax yaitu  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  mempunyai nama lain yaitu disodium tetraborat decahydrate [2], borax decahydrate mempunyai ciri-ciri tidak berbau, keadaan fisik padat, berbentuk butiran kristal tidak berwarna/putih atau serbuk, bersifat alkali, tidak menyebabkan korosi pada logam besi, berat molekul 381.43 g/mol [3].

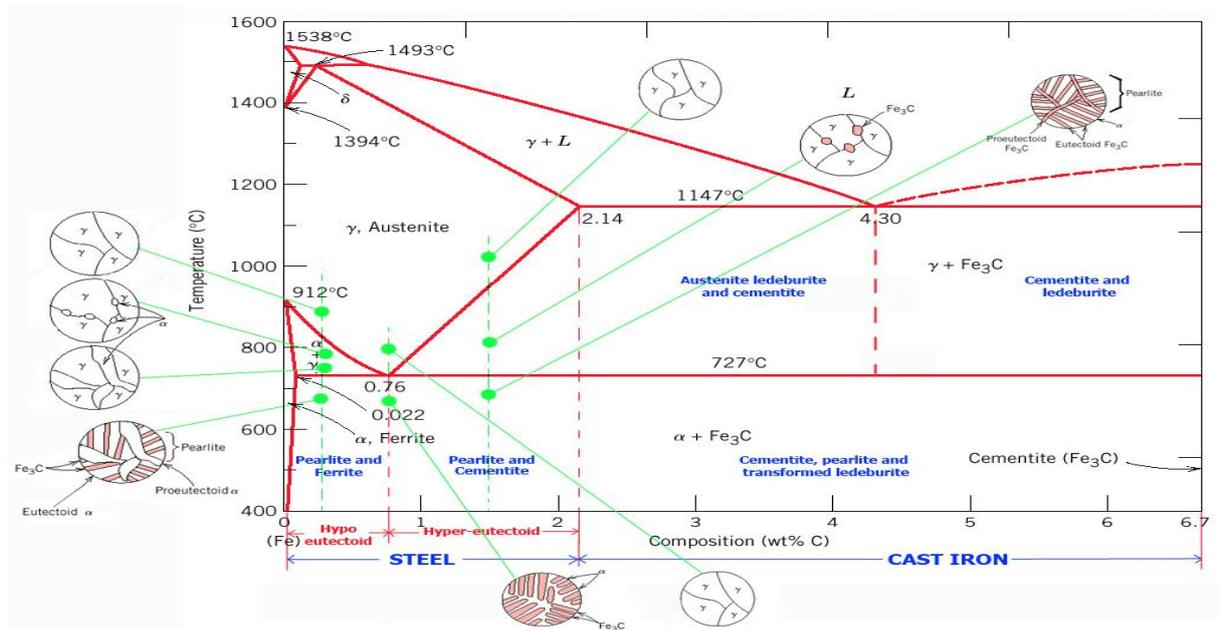
Salah satu proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quenching* [4]. Hasil dari proses *hardening* pada baja, akan menimbulkan tegangan dalam (*internal stresses*), dan rapuh (*bristles*), sehingga baja tersebut belum cocok untuk segera digunakan. Oleh karena itu pada baja tersebut perlu dilakukan proses lanjut yaitu proses temper. Proses *tempering* akan menurunkan kegetasan, kekuatan tarik dan kekerasan sampai memenuhi syarat penggunaan, sedangkan keuletan dan ketangguhan meningkat [5].

Forging merupakan proses pembentukan logam yang dilakukan dengan deformasi plastis suatu bahan [6]. Pada umumnya penempaan dilakukan dengan memberikan beban yang berulang-ulang.

Penempaan bisa dilakukan secara manual atau menggunakan mesin otomatis untuk mendapatkan bentuk yang diharapkan. *Tempering* adalah proses perlakuan panas dimana sebelumnya sudah dilakukan proses *hardening* dan *normalizing* pada baja [7].

Perlakuan panas merupakan kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Kecepatan pendinginan dan batas temperatur berpengaruh pada struktur dan sifat logam [8]. Tujuan dari perlakuan panas (*Heat Treatment*) untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal (*internal stress*), menghaluskan ukuran butir kristal dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik logam [1]. Faktor-faktor yang mempengaruhi perlakuan panas adalah temperatur pemanasan, waktu yang diperlukan, laju pendinginan. Diagram fasa besi-karbon seperti pada gambar 2. Menunjukkan hubungan antara temperatur dan fase yang terbentuk dan batas antara daerah fase adalah sebagai berikut [1].

Peneliti terdahulu telah melakukan penelitian tentang beberapa bahan pedang/pisau damaskus. Unsur-unsur baja damaskus menunjukkan bahwa terdapat 1.60% C; 0.56% Mn, 0.17%P, 0.02% S, 0,048% Si, 0,012%Ni, 0,048% Cu, 0,01% V dan 0,002% Ti [9]. Baja damaskus termasuk dalam baja karbon tinggi (*ultra-high carbon (UHC)*). Komposisi kimia termasuk *hypereutectoid* terdiri dari perlit (*lamellar smectite dan ferrite*) [1].



Gambar 2. Diagram fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C

Penelitian tentang bahan pisau dari bahan kawat seling perlu dilakukan untuk mengamati fenomena yang meliputi struktur mikro kawat seling, kekerasan pisau, struktur mikro pisau, yang di mana pisau mendapatkan perlakuan panas yang berbeda dengan bantuan borax apakah terjadi perbedaan struktur mikro maka menggunakan hasil metalografi dapat terlihat struktur mikro secara detail.

## 2. METODE

Metode penelitian ini ada beberapa tahapan, dari mulai tujuan penelitian, alat-alat penelitian, diagram alir penelitian, prosedur penelitian, prosedur uji kekerasan pisau dengan sistem Vickers, prosedur uji metalografi, prosedur uji komposisi kimia pada bagian pisau dan permukaan pisau sebagai bahan dasar dari pisau tersebut [10]. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui jenis dan faktor kekuatan pisau menjadi kuat dan tahan lama dalam penggunaannya.

### 2.1 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam Pengujian.

- Alat uji Komposisi kimia (*Optical Emission Spectrometer*).
- Alat Uji kekerasan (*Hardness*) Vickers Digital Mikro
- Mesin *Grinding*.
- Mesin *Cutting*
- Mesin *Polishing*.
- Mikroskop Stereo perbesaran 5 s/d 50x.
- Mikroskop optik perbesaran 50 s/d 250 x dan Kamera Digital.
- Dapur Furnace
- Peralatan pengapian tempa manual.
- Material habis terpakai: kertas amplas dengan berbagai ukuran 80 s/d 1200 CCW, diamond pasta 6  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$  dan  $\frac{1}{4}$   $\mu\text{m}$ , bahan kimia etsa, nital 2 %, tissue dan lain-lain

### 2.2 Tahapan Pengujian Metalografi.

Tahapan Pengujian metalografi yang dilakukan pada penelitian ini mengikuti diagram alir yang ditunjukkan oleh gambar 3.

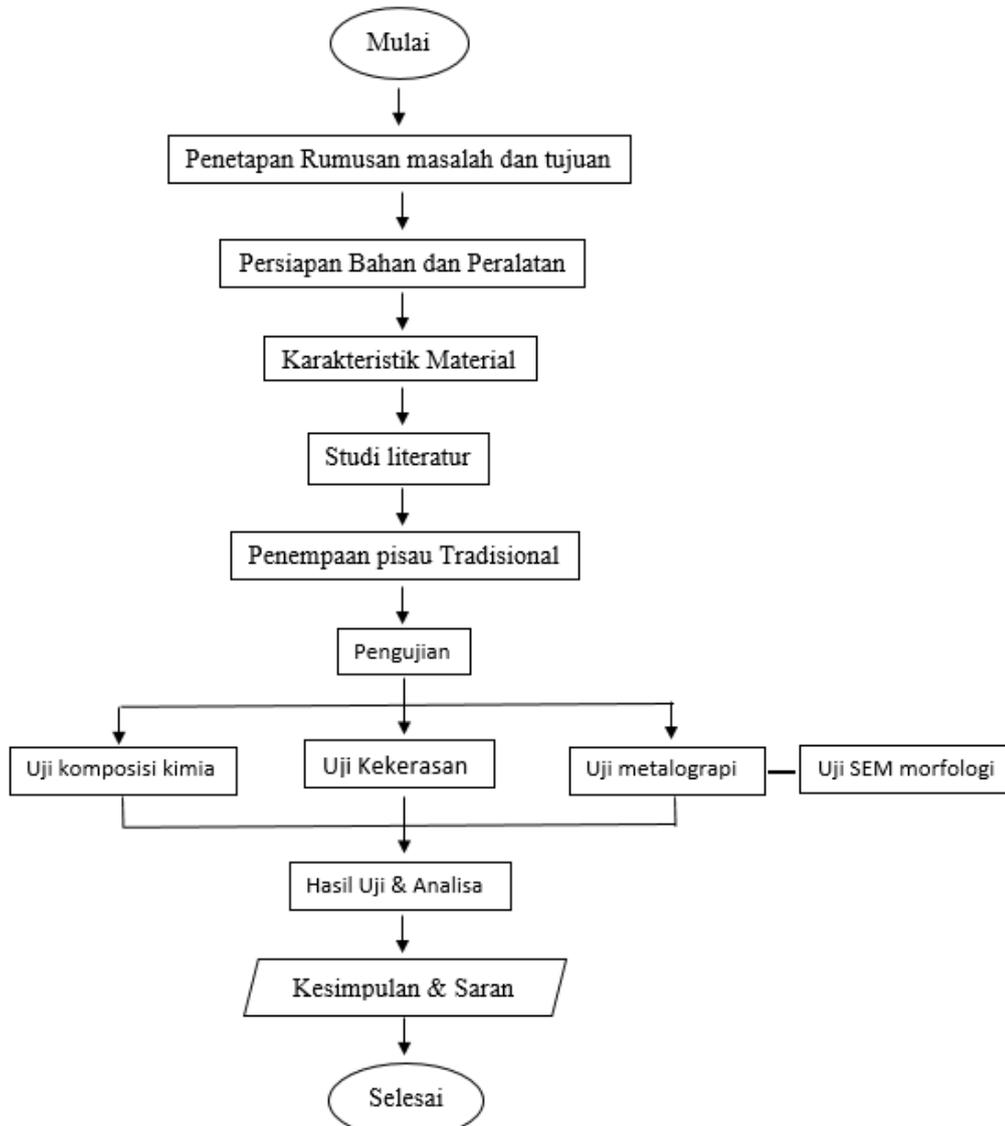
### 2.3 Uji Komposisi Kimia.

Pengujian komposisi kimia pada material *wire rope* yang telah ditempa lalu dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam material tersebut apakah komposisi tersebut sesuai dengan spesifikasi material dasar wire rope [11]. Pengujian ini sekarang – kurangnya meliputi unsur besi (Fe), karbon (C), silicon (Si), nikel (Ni), Mangan (Mn), Niobium (Nb), Molibdenum (Mo), dan rom (Cr). Alat yang digunakan untuk mengetahui komposisi kimia tersebut yaitu *optical emission spectrometer* [12]. Tahapan – tahapan dalam melakukan pengujian komposisi kimia dengan menggunakan spektrometer.

### 2.4 Preparasi Sampel Uji.

Proses preparasi sampel dilaksanakan di laboratorium penelitian B2TKS dengan menggunakan Mesin potong (*Discotom-6 Struers Cutting Machine*) Denmark, mesin gerinda/amplas dan mesin poles (*Struers Planopol-2 DP – U3*) Denmark, [16]. Prosedur pelaksanaan preparasi sampel meliputi

*cutting* (pemotongan sampel uji), *Mounting* (pembingkai) dengan cairan resin, *grinding* (penggerindaan), *polishing* (pemolesan) dan *Etching* (etsa) [13].



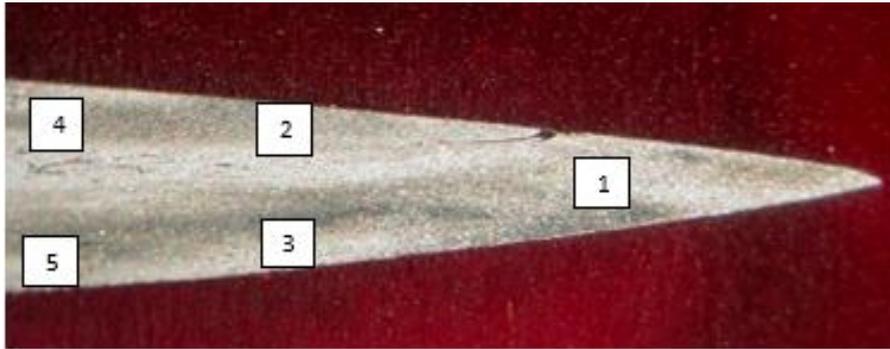
Gambar 3. Diagram alir metalografi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan mencakup tentang analisa dan pembahasan seluruh hasil pengujian yang mengarah pada tujuan penelitian. Maka dijelaskan lebih lanjut melalui beberapa tahap yaitu: hasil pengamatan secara makro. Hasil pengujian makroskopik, hasil uji komposisi kimia pisau material *wire rope* hasil uji metalografi pisau material *wire rope*. Hasil uji kekerasan (*hardness test*) pisau material *wire rope* [14]. Hasil pengujian pada pisau pada laboratorium BPPT.

#### 3.1 Hasil Uji Kekerasan Pada Pisau

Hasil pengujian kekerasan dengan HV 5 kgf. Sudut indentor: 136° dapat dilihat pada gambar 4 dan tabel 1.



Gambar 4. Hasil uji kekerasan pisau melintang

Pada tabel 1 menunjukkan hasil dari uji kekerasan HV

Tabel 1. Hasil uji kekerasan (HV)

No	1	2	3	4	5
Nilai Kekerasan	712	781	781	220,5	241

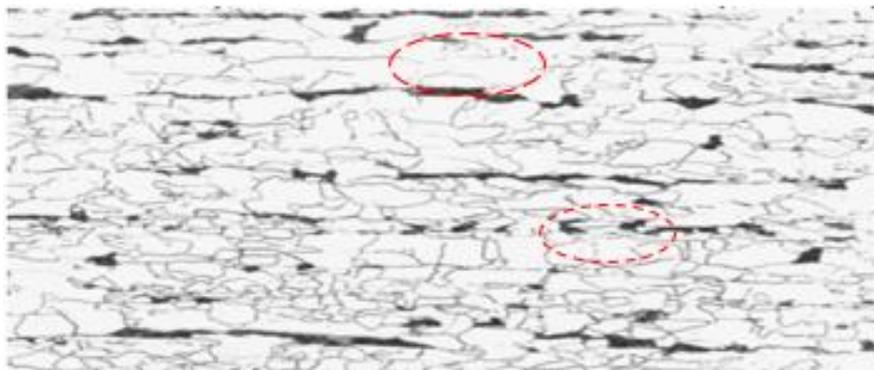
Pembuatan bahan dasar pisau dari wire rope melalui tahapan – tahapan antara lain, wire rope dipanaskan di tungku pembakaran dengan suhu  $\pm 900^{\circ}\text{C}$  [15]. Agar mudah dalam proses penempaan serta ditaburi boraks tujuannya agar inti wire-nya menjadi satu dan untuk menghilangkan oksigen yang terperangkap dalam proses penempaan wire rope menjadi pisau. Setelah dilakukan proses penempaan, pisau diberi perlakuan quenching yang bertujuan untuk mengeraskan pisau agar mendapatkan pisau yang keras, media quenching yang digunakan adalah air [16] [17]. Tahap selanjutnya proses tempering dilakukan pada tepi pisau bertujuan untuk mengeraskan kembali dan mempertajam tepi pisau agar lebih kuat.

Proses pengujian kekerasan pisau, bagian tepi pisau memiliki kekerasan 712 HV ditunjukkan pada nomor satu tabel 1. Sedangkan bagian pangkal pisau memiliki kekerasan 241 HV ditunjukkan pada nomor empat [18]. Perbedaan kekerasan pisau disebabkan karena proses *heat treatment* pada tepi pisau. Gambar 6 menunjukkan area satu memiliki kekerasan 361.8 HV sedangkan area dua kekerasan 260.2 HV. Area satu merupakan inti dari wire rope memiliki bentuk oval dikarenakan proses penempaan yang berulang-ulang.

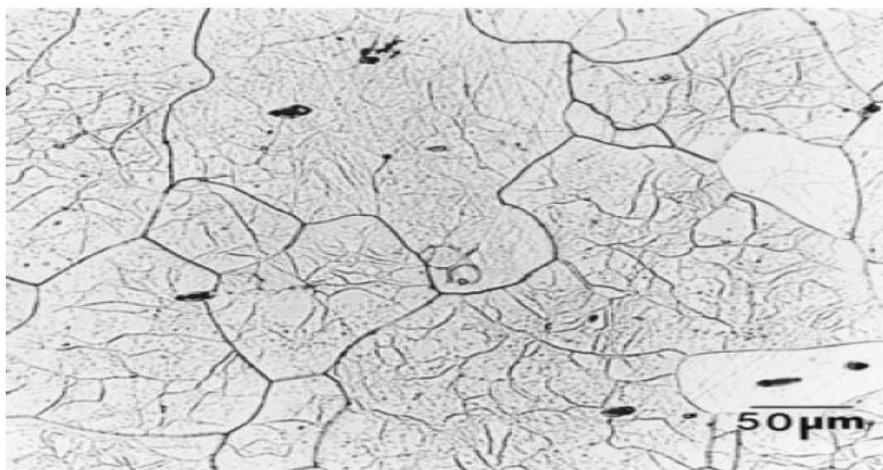


Gambar 5. Uji kekerasan pada area struktur mikro 100 x.

Gambar 5 berbentuk oval dikarenakan proses penempaan wire berulang-ulang dimana *wire rope* yang sebelumnya berbentuk lingkaran, karena proses pembakaran *wire rope* dan penempaan berulang-ulang menjadikan oval seperti gambar 5. Tumpukan *wire* yang berbentuk oval tersusun rapi dikarenakan *wire* tidak mencapai titik cair melainkan sampai titik leburnya. Maka bentuk oval itu masih mengikuti bentuk dasar material yaitu *wire rope*. Susunan *wire* di melintang satu dengan yang lain memiliki struktur martensite dan tidak terdapat cacat material yang tersusun rapi seperti batas butir [19]. Area satu merupakan fasa martensite terlihat dari struktur yang dihasilkan [20] area dua fase ferite yang dimana terdapat cacat material dikarenakan proses penempaan pisau tidak merata dan pemberian borax yang tidak merata menjadikan oksigen terperangkap. Gambar 6 merupakan referensi dari ASM Metals Handbook Volume 09-Metallography and Microstructures sebagai pembandingan dengan gambar 5 perbedaan hasil dari pengujian metalografi. Gambar 6 terdapat fasa ferit dalam bentuk (poligonal) dan pearlite warna (gelap) dengan perbesaran 500 x.



Gambar 6. Struktur ferrite dan pearlite warna (gelap) 500 x.



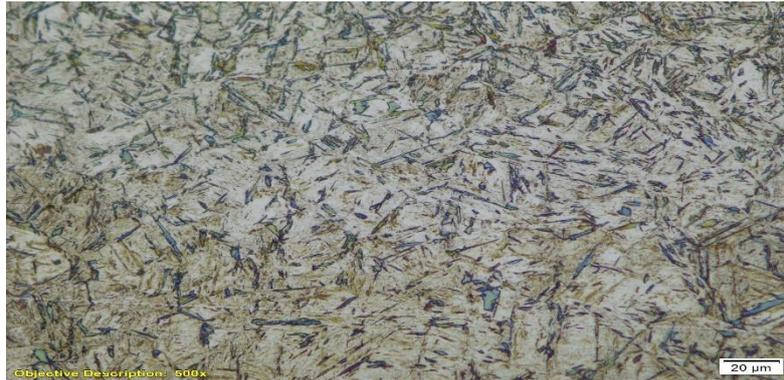
Gambar 7. Fasa ferrite dengan perbesaran 200x

Gambar 7 referensi dari *ASM Metals Handbook Volume 09-Metallography and Microstructures* [21], fasa ferrite dengan perbesaran 200x. Struktur ferrite terlihat jelas dan sedikit memiliki cacat material sebagai acuan dalam pembuatan pisau [22].

## 3.2 Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 2. Hasil uji komposisi kimia dalam %.

No	Unsur/symbol	1	2	3	rata-rata
1	Fe	98,6	98,5	98,7	98,6
2	C	0,446	0,41	0,403	0,42
3	Si	0,202	0,0276	0,138	0,26
4	Mn	0,482	0,564	0,468	0,505
5	P	0,0194	0,006	0,0191	0,0149
6	S	0,0099	0,0083	0,0077	0,0086
7	Cr	0,0554	0,04	0,545	0,05
8	Mo	0,0307	< 0,004	0,0173	0,016
9	Ni	0,026	0,0101	< 0,005	0,0132
10	Al	< 0,0001	0,0067	0,0015	0,0027
11	Co	0,0108	0,028	0,0211	0,02
12	Cu	0,0744	0,0276	0,0627	0,0549
13	Nb	0,0204	0,169	0,006	0,0144
14	Ti	0,005	0,0161	0,0035	0,0082
15	V	0,012	0,008	< 0,002	0,0069
16	W	0,0097	< 0,002	0,0289	0,0129
17	Pb	0,0233	0,0231	< 0,0150	0,0199
18	Sn	0,0051	< 0,0019	0,0037	0,0037
19	B	0,0094	> 0,025	0,0033	0,0195
20	Zr	0,0052	0,0058	0,0055	0,0055
21	As	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005
22	Bi	< 0,025	< 0,025	< 0,025	0,025



Gambar 8. Fasa martensite perbesaran 500x

Dari hasil pengujian komposisi kimia pada tabel 2 menunjukkan adanya banyak komposisi yang terkandung dalam wire rope sebagai bahan dasar pembuatan pisau. Unsur yang paling dominan Fe-98.6 %, C-0.42 %, Si-0,206 %, Mn-0,505 %, Cr-0.05% dan P-0,0149 %. Fasa yang terbentuk campuran ferrite dan martensite sehingga nilai C-0.42 %. *Hardening* dengan austenisasi  $\pm 750^{\circ}\text{C}$ . *Holding time* selama 60 menit, *quenching* ke dalam air garam 10 % [23] dan oli dengan varian waktu pendinginan serta temper pada temperatur  $350^{\circ}\text{C}$  selama waktu 40 menit menyebabkan transformasi struktur mikro pada sampel-pisau *wire rope* [24].

#### 4. SIMPULAN

Pisau dari bahan wire rope memiliki kekerasan 712 HV pada tepi tajam, sedangkan pangkal pisaunya 241 HV, perbedaan kekerasan ini dikarenakan proses heat treatment kembali pada tepi tajam pisau dan memiliki fasa martensite di bagian tepi tajamnya. Komposisi kimia unsur yang paling dominan Fe-98.6 %, C-0.42 %, Si-0,206 %, Mn-0,505 %, Cr-0.05% dan P-0,0149 %. Fasa yang terbentuk campuran ferrite dan martensite sehingga nilai C-0.42 % dan merupakan baja karbon sedang. Struktur oval yang terbentuk dikarenakan proses penempaan yang berulang-ulang serta dibarengi dengan penaburan borax, dimana peleburan wire rope tidak sampai titik meltingnya.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Trihutomo, "28 Prihanto Trihutomo, Analisa Kekerasan pada Pisau Berbahan Baja Karbon Menengah..," pp. 28–34.
- [2] A. N. S. Panel, "Scientific Opinion on the re-evaluation of boric acid (E 284) and sodium tetraborate (borax) (E 285) as food additives," *EFSA J.*, vol. 11, no. 10, 2013.
- [3] M. Amin, S. Suharto, R. Reni, and D. Dini, "Karakteristik Fisik Pellet dan Sponge Iron pada Bahanbaku Limbah Karat dengan Pasir Besi sebagai Pembanding," *Pros. SEMIRATA 2013*, vol. 1, no. 1, pp. 179–184, 2013.
- [4] I. R. Astrini, P. K. Karo, and Y. I. Supriyatna, "Pengaruh Heat Treatment dengan Variasi Media Quenching Air dan Oli terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 4, no. 02, pp. 195–200, 2016.

- [5] S. . Tukur, M. M. Usman, I. Muhammad, and N. A. Sulaiman, "Effect of Tempering Temperature on Mechanical Properties of Medium Carbon Steel," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 9, no. 15, pp. 798–800, 2014.
- [6] J. Shukur, "Metal Forming Processes Production Engineering," no. May, 2020.
- [7] R. Adawiyah, Murdjani, and A. Hendrawan, "Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Strukturmikro Dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses Hardening," *Poros Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 88–95, 2014.
- [8] E. Pada, A. J. A. K. Medium, U. Dengan, L. I. Dan, and E. Dan, "S Etelah Q Uenching Dengan M Edia O Li Dan a Ir G Aram ( N a C L )," vol. 5, no. 2, pp. 36–46.
- [9] L. N. Lamoni and S. Suwarno, "Pengaruh Lipatan Baja JIS SUP 9 dan 0,5 CCrMnSi Terhadap Nilai Kekerasan, Struktur Mikro dan Pattern Pada Permukaan Pisau," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2019.
- [10] P. Trihutomo, "Analisa Kekerasan Pada Pisau Berbahan Baja Karbon Menengah Hasil Proses Hardening Dengan Media Pendingin Yang Berbeda," *Tek. Mesin*, pp. 28–34, 2015.
- [11] D. Pembimbing *et al.*, *Pengaruh Jenis Bahan Dan Proses Pengerasan*. 2016.
- [12] Fitri., E. Ginting, and P. Karo karo, "Komposisi Kimia, Struktur Mikro, Holding Time dan Sifat Ketangguhan Baja Karbon Medium pada Suhu 7800C," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 01, no. 01, pp. 1–4, 2013.
- [13] M. Etching and G. Petzow, "1 Metallography," 1999.
- [14] R. Hardness, "Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating," *Reproduction*, no. May, pp. 8–13, 2004.
- [15] F. Hoffmann, I. W. T. Bremen, D. S. Mackenzie, H. International, M. J. Schneider, and T. T. Company, "Quench Process Sensors[1]," *Steel Heat Treat. Fundam. Process.*, vol. 4, pp. 192–197, 2018.
- [16] A. Syarief, "Info – Teknik Analisa Kekerasan Pisau Potong ( Parang ) Pada Proses Penempaan ( Forging )," vol. 9, no. 2, pp. 117–124, 2008.
- [17] V. J. Matjeke, G. Mukwevho, A. M. Maleka, and J. W. Van Der Merwe, "Effect of heat treatment on strength and ductility of 52CrMoV4 spring steel.," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 430, no. 1, 2018.
- [18] J. Mekanikal *et al.*, "Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersial Yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing Dengan Arang Kelapa Sawit," *J. Mek. Univ. Tadulako*, vol. 8, no. 1, pp. 686–696, 2017.
- [19] Y. Handoyo, "Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft," *J. Ilm. Tek. Mesin Unisma "45" Bekasi*, vol. 3, no. 2, p. 97782, 2015.
- [20] V. Drossou-Agacidou *et al.*, "Administration of recombinant human granulocyte colony

- stimulating factor to septic neonates induces neutrophilia and enhances the neutrophil respiratory burst and  $\beta 2$  integrin expression results of a randomized controlled trial,” *Eur. J. Pediatr.*, vol. 157, no. 7, pp. 583–588, 1998.
- [21] G. Vander Voort, “Color metallography Vol. 9 ASM handbook,” *Metallogr. Microstruct.*, vol. 9, no. August, pp. 493–512, 2004.
- [22] S. Herbirowo and T. B. Romijarso, “PENGARUH VARIASI SUHU AUSTENISASI PADA PEMBUATAN MATERIAL FASA GANDA BAJA LATERIT Satrio,” no. November, pp. 1–2, 2017.
- [23] E. Widiyono, G. D. W, P. Atria, and D. W. Wardana, “Analisa Pengaruh Penambahan Garam Di Media Pendingin Air Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Aisi 1050,” no. 2017, pp. 245–250, 2018.
- [24] Bahtiar, M. Iqbal, and Supramono, “Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas Sae 40 Pada Proses Quenching Dan Tempering Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah,” *J. Mek.*, vol. 05, no. 01, pp. 455–463, 2014.