

## Pengaruh Teknik Tempa Lipat Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Material AISI O1 Pada Pembuatan Pisau Tanto

**Alfan Ekajati Latief, Syahril Sayuti, Rakean Wide Windujati**

Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124

Email: [alfan@Itenas.ac.id](mailto:alfan@Itenas.ac.id)

### ABSTRAK

*Tanto merupakan senjata tajam yang berasal dari Jepang dan merupakan senjata kedua bagi para Samurai di Jepang. Tanto biasa terbuat dari baja karbon menengah hingga baja karbon tinggi yang. Material baja yang digunakan untuk pembuatan Tanto dalam penelitian ini adalah baja AISI seri O1 karena memiliki karakteristik sifat mampu bentuk yang baik serat dapat dikuatkan melalui proses heat treatment. Material baja ini dibuat dengan proses tempa lipat dengan variasi tempa empat lipatan dan satu lipatan. Pembuatan Tanto dan spesimen uji dilakukan dengan proses tempa lipat secara konvensional menggunakan tungku arang, dengan temperatur tempa rata-rata yaitu  $\pm 1200^{\circ}\text{C}$ , kemudian dilanjutkan dengan quenching pada temperatur  $\pm 850^{\circ}\text{C}$ , serta tempering pada temperatur  $\pm 250^{\circ}\text{C}$ . Penelitian ditujukan untuk mengetahui pengaruh dari proses tempa empat lipatan dan tempa satu lipatan terhadap sifat mekanik, yaitu kekerasan dan kekuatan impak serta untuk melihat perubahan pada struktur mikro. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan paling tinggi sebesar 41HRC yang dimiliki oleh pada raw material, sedangkan nilai impak paling tinggi sebesar 224,02 Joule/cm<sup>2</sup> ayng dicapai oleh material dengan proses tempa empat lipatan, Fasa akhir yang ditemukan pada baja tempa empat lipatan adalah bainit dan martensit, sementara perlit dan ferit ditemukan pada baja satu lipatan, dan lath martensit ditemukan pada pada raw material*

**Kata kunci:** Pisau Tanto, Tempa lipat, Quenching, Tempering, Uji Impak

### ABSTRACT

*Tanto is a sharp weapon originating from Japan and is the second weapon for Samurai in Japan. Tanto is usually made of medium carbon steel to high carbon steel. The material which is used in this research is AISI O1 series steel because of its high ability to be formed and also can be made tough through a heat treatment process. This steel is made by folding forge process, with variation in number of folding, which is 4 folds and 1 fold. The making of Tanto and test specimens was carried out by conventional fold forging processes by using a charcoal furnace, with an average forging temperature at  $\pm 1200^{\circ}\text{C}$ , continue with quenching at  $\pm 850^{\circ}\text{C}$ , and tempering at  $\pm 250^{\circ}\text{C}$ . The research is carried out in order to determine the effect of the four-folds forging and one-fold forging to the mechanical behavior, which are hardness and impact strength, and also to see change in its micro structure. The test that have been carried out shows that the highest hardness value of 41 HRC owned by raw material, while the highest impact value of 224.02 Joules / cm<sup>2</sup> obtained by material with four layer forging process. Final phases that found in the four-fold forged steel are bainite and martensite, pearlite and ferrite found in one-fold forged steel. and lath martensite in found in the raw material.*

**Keywords:** Tanto Knife, Folding Forging, Quenching, Tempering, Testing, Impact Tests.

## 1. Pendahuluan

Tanto merupakan senjata tajam yang berasal dari Jepang dan merupakan senjata kedua bagi para Samurai di Jepang. Tanto biasa terbuat dari baja karbon menengah hingga baja karbon tinggi. Di berbagai belahan dunia, banyak jenis pedang yang digunakan sebagai senjata di abad pertengahan [1]. Beberapa jenis senjata yang telah ditemukan dibuat dengan cara yang beragam serta dengan berbagai jenis material. Material yang banyak digunakan diantaranya adalah baja Nam-Phe [2], Baja Tatara [3], baja Tamahakana [4], dan Baja Damaskus[5]. Salah satu material yang banyak digunakan adalah baja karbon tinggi kode AISI O1, yang mana material ini memiliki sifat mampu dikuatkan dengan proses *hardening*. Pada umumnya proses *hardening* dilakukan dengan proses perlakuan panas untuk membentuk persipit [6].

Menurut dokumentasi dan penelitian arkeologi, ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk memproduksi pedang secara konvensional, misalnya teknik pembuatan Katana (pedang Samurai) Jepang dengan material baja karbon [7], sementara di bagian Timur terdapat pembuatan pedang dengan Teknik Damaskus yang dikenal dengan nama Teknik Welded Damaskus [8].

Selain digunakan sebagai pisau militer, pisau Tanto juga sering digunakan dalam seni bela diri dan latihan bertarung menggunakan pisau (Tanto-jutsu - dalam Ju-jitsu)[9]. Angka kekerasan untuk senjata tajam, yaitu untuk pisau yang dibuat dengan material baja karbon menengah dengan pengerasan metoda *quenching* adalah sebesar 54 HRC[10].

Proses penggabungan baja karbon menengah dengan baja karbon rendah dengan metoda tempa lipat dapat meningkatkan kekuatan lentur dan kekuatan impak dengan angka yang jauh lebih tinggi dari sifat mekanik aslinya. Metoda tempa lipat ini dapat mencapai nilai kekerasan 41 HRC, Kekuatan lentur 1939 MPa dan ketangguhan 34 Joule [11]. Baja dengan sifat mekanik seperti ini sangat cocok digunakan untuk membuat pisau atau pedang.

Pada penelitian digunakan material AISI seri-O1 yang merupakan baja karbon menengah dengan komposisi C: 0.95; Mn:1.1; Cr: 0.6; dan W: 0.6[6]. Material ini akan diolah untuk menjadi bahan pisau dengan menggunakan metoda tempa konvensional dengan teknik tempa lipat. Proses tempa lipat dilakukan dengan dua variasi lipatan, yaitu satu lipatan dan empat lipatan. Hal ini ditujukan untuk mendapatkan karakteristik pisau Tanto yang paling optima, yaitu salah satunya adalah dilihat dari nilai ketangguhan yang tinggi. Nilai ketangguhan dapat diketahui melalui pengujian Impak.

## 2. Metode Penelitian

Metoda yang digunakan dalam penelitian adalah metoda *experimental* yang dilakukan dengan cara pembuatan spesimen kemudian dilakukan uji keras, uji impak dan metalografi pada spesimen tersebut. Proses pertama yang dilakukan adalah proses pemotongan bahan AISI O1, kemudian pada material tersebut dilakukan proses tempa pada temperatur  $\pm 1200^{\circ}\text{C}$ . Dengan proses penempaan ini, material dibentuk menjadi bentuk dan ukuran yang mendekati kebutuhan spesimen uji dan kebutuhan untuk membuat pisau. Pada material yang telah berbentuk spesimen uji kemudian dilakukan proses penghomogenan fasa (*solution heat treatment*) pada temperatur  $\pm 850^{\circ}\text{C}$  dan dilanjutkan dengan proses pendinginan dengan metode *quenching* dengan media air selama 5detik. Setelah melalui proses *quenching*, pada material ini kemudian dilakukan proses tempering pada temperatur  $\pm 250^{\circ}\text{C}$  dengan *holding time* 30 detik, dan dilanjutkan dengan proses pendinginan menggunakan metode *normalizing* selama satu hari.

Masing-masing material dengan bentuk spesimen uji dan bahan pisau dibuat dengan proses tempa lipat dengan variasi satu lipatan dan empat lipatan. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan dari hasil proses tempa dalam hal perubahan fasa, struktur mikro, dan perubahan sifat mekanik.

### 2.1 Proses Pembuatan Spesimen

Proses tempa dilakukan untuk membuat specimen uji keras, uji impak, dan metalografi, serta bahan untuk membuat pisau Tanto. Proses pembuatan specimen dan bahan untuk membuat pisau tanto diawali dengan persiapan (pemilihan) bahan, yaitu bahan baja karbon menengah AISI-01, seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Baja karbon menengah AISI01



Gambar 2. Pemotongan bahan sesuai kebutuhan pisau dan specimen uji

Baja yang telah disiapkan selanjutnya dipotong dengan menggunakan gerinda potong seperti yang terlihat pada gambar 2. Ukuran pemotongan disesuaikan dengan kebutuhan untuk pembuatan specimen uji dan kebutuhan untuk pembuatan pisau Tanto.



Gambar 3. Persiapan dapur tempa



Gambar 4. Pemanasan material di dalam dapur tempa hingga mencapai 1200°C

Tahap selanjutnya adalah mempersiapkan dapur tempa, yaitu dengan menyalakan arang dan menyalakan blower, seperti yang terlihat pada gambar 3. Baja yang telah dipotong, selanjutnya dipanaskan di dalam tungku tempa hingga mencapai temperatur  $\pm 1200^{\circ}\text{C}$ , atau dengan secara visual terlihat berwarna kuning menyala, sebagaimana yang terlihat pada gambar 4..

Setelah mencapai temperatur  $1200^{\circ}\text{C}$ , material tersebut ditempa secara bertahap hingga mencapai bentuk dan dimensi yang mendekati kebutuhan, sesuai kebutuhan untuk pisau Tanto dan kebutuhan untuk specimen uji. Proses penempaan terlihat pada gambar 5. Setelah proses penempaan mencapai bentuk dan dimensi yang diinginkan, produk hasil tempa tersebut didinginkan hingga mencapai  $\pm 850^{\circ}\text{C}$ , dan ketika temperatur tadi tercapai, benda hasil penempaan tersebut kemudian dicelup ke dalam media air dengan metoda *quenching* selama 5 detik. Setelah melalui proses *quenching*, selanjutnya dilakukan

*tempering* pada produk hasil penempaan tersebut, yaitu pada temperatur  $\pm 250^{\circ}\text{C}$  selama 30detik. Specimen uji dari material yang telah mengalami proses penempaan dan melalui proses *heat treatment*, yaitu *quenching* dan *tempering* terlihat pada gambar 6



Gambar 5. Proses penempaan



Gambar 6. Produk penempaan yang telah melalui proses *heat treatment*.

Produk tempa yang telah melalui proses tempa dan *heat treatment* selanjutnya diolah lebih lanjut dengan proses pemesinan untuk mendapatkan dimensi akhir sesuai standar pengujian, seperti yang terlihat pada gambar 7. Specimen-spesimen disiapkan untuk uji impak, uji keras, dan uji metalografi



Gambar 7. Produk hasil penempaan dibentuk dengan proses pemesinan untuk mendapatkan dimensi akhir specimen uji sesuai standar

Selain dibentuk menjadi spesimen uji produk hasil penempaan juga disiapkan untuk dijadikan pisau Tanto. Pembentukan material untuk pisau tanto juga dilakukan dengan tahapan yang sam dengan tahapan pada perisapan spesimen uji. Perbedaan dari perisapan material untuk spesimen dan persiapan untuk bahan pisau tanto terletak pada ukurannya, dimana bahan untuk pembuatan pisau tanto memiliki ketebalan yang mendekati ketebalan pisau Tanto. Perlakuan lain yang dilakukan pada saat persiapan bahan untuk pisau Tanto adalah proses *quenching*, dimana bahan pisau tanto ini dilapisi dahulu dengan clay (tanah liat) sebelum di celup ke dalam media air dengan metoda *quenching*, seperti yang terlihat pada gambar 8. Pencelupan ke dalam media air dilakukan setelah bahan pisau Tanto ini dipanaksna hingga  $\pm 850^{\circ}\text{C}$ , seperti yang terlihat pada gambar 9. Proses *quenching* ini dilanjutkan dengan proses *tempering* yang dilakukan pada temperatur  $\pm 250^{\circ}\text{C}$  selama 15 detik



Gambar 8 . Pisau yang telah dibentuk dilapisi dengan clay sebelum dilakukan proses quenching



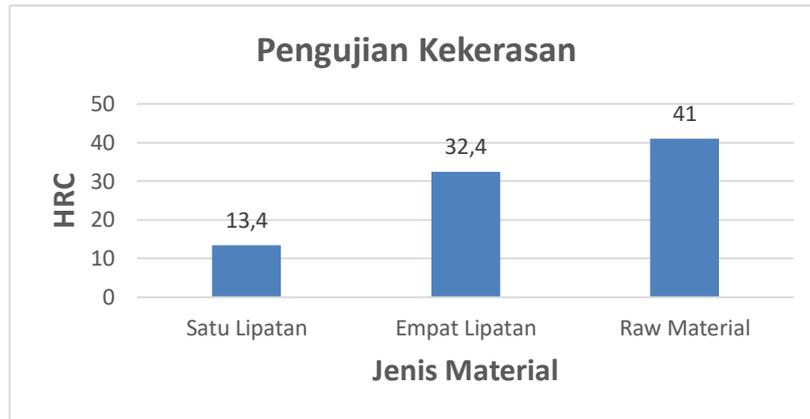
Gambar 9. Proses *quenching* pada pisau Tanto setelah dipanaskan hingga  $\pm 850^{\circ}\text{C}$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian yang dilakukan meliputi uji keras, uji impak dan metalografi. Ketiga pengujian ini dilakukan pada specimen dari bahan AISI O1 yang telah melalui dua variasi proses, yaitu proses tempa baja satu lipatan yang dilanjutkan dengan proses quenching dan tempering, proses tempa baja empat lipatan yang dilanjutkan dengan proses quenching dan tempering, serta diterapkan juga pada raw material baja AISI 01 sebagai perbandingan.

#### 3.1. Pengujian Kekerasan

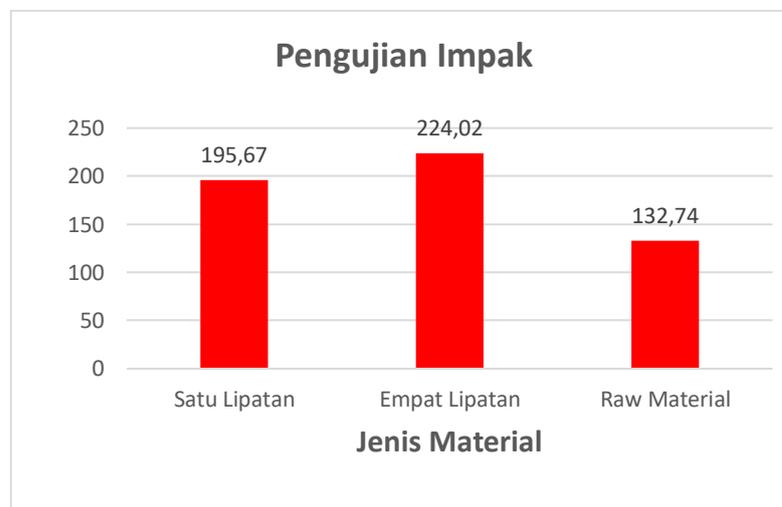
Pengujian kekerasan dilakukan dengan mengacu kepada standar ASTM E-18. Tujuan dari pengujian kekerasan adalah untuk mengevaluasi kekerasan material, dengan cara melihat ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis. Dari pengujian kekerasan yang dilakukan, didapatkan nilai kekerasan dari masing-masing specimen, yaitu kekerasan pada baja tempa satu lipatan didapatkan nilai rata - rata 13,4 HRC, kekerasan pada baja tempa empat lipatan didapatkan nilai rata - rata 32,4 HRC, dan pada baja *raw material* didapatkan nilai kekerasan rata - rata 41 HRC. Secara ilustratif, data hasil pengujian kekerasan tampak pada gambar 10. Grafik pada gambar 10 memperlihatkan dengan jelas bahwa bahwa baja yang mengalami proses tempa memiliki nilai kekerasan lebih rendah dari baja raw material yang tidak melalui proses.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan

### 3.2. Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM E23-12C. Pengujian impak ini ditujukan untuk melihat ketahanan material terhadap pembebanan secara tiba-tiba atau beban kejut. Ketahanan material terhadap beban kejut dapat dilihat dari bentuk patahan hasil pengujian dan harga impak yang didapatkan. Dari pengujian impak didapatkan harga impak pada baja tempa dengan satu lipatan sebesar 195.67 Joule/cm<sup>2</sup>, pada baja tempa dengan empat lipatan sebesar 224.02 Joule/cm<sup>2</sup>, dan pada baja *raw material* didapatkan harga impak sebesar 132.74 Joule/cm<sup>2</sup>. Perbedaan harga impak dari masing-masing spesimen terlihat jelas pada gambar 11

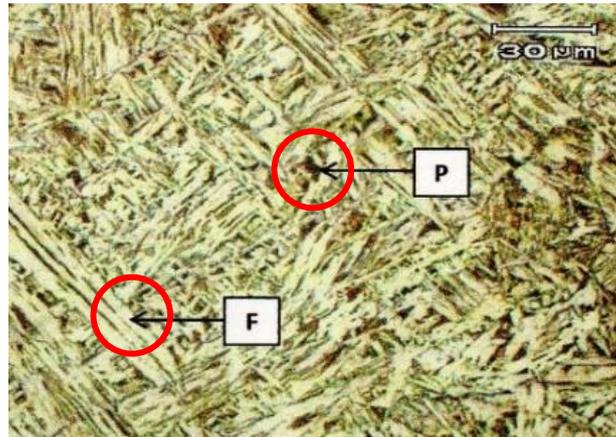


Gamabr 11. Grafik Hasil Pengujian Impak

### 3.3 Metalografi

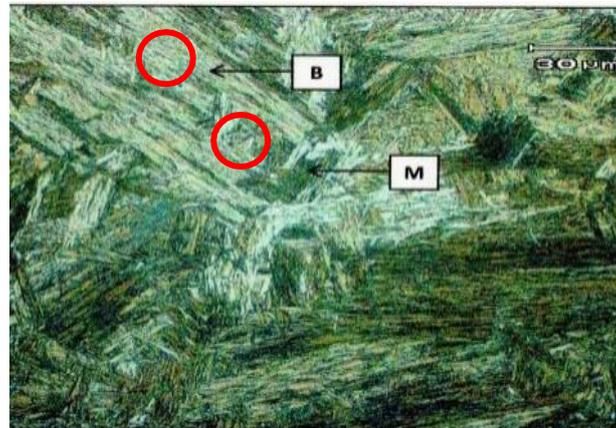
Untuk melakukan analisa struktur mikro atau metalografi, specimen harus dipersiapkan terlebih dahulu. Tahapan proses persiapan specimen metalografi diawali dengan proses pemotongan specimen dengan menggunakan wire cutting, kemudian setiap potongan diberi pemberian identitas sampel. Potongan-potongan specimen kemudian digerinda untuk meratakan permukaan specimen dengan menggunakan bahan abrasive, dengan kekasaran abrasif mulai dari mesh 40 hingga mesh 1200. Selanjutnya dilakukan tahap pemolesan dengan menggunakan cairan kimia bernama etsa nital 3%. Tujuan dari proses ini adalah untuk memunculkan penampakan fasa, batas butir, dislokasi, dan struktur mikro tertentu dibawah mikroskop.

Dari analisis metalografi yang telah dilakukan dengan bantuan mikroskop, dapat terlihat gambaran struktur mikro dari setiap specimen seperti yang terlihat pada gambar 12, 13, dan 14. Gambar 12 memperlihatkan struktur mikro dari specimen bahan AISI01 yang telah mengalami proses tempa 1 lipat serta proses *quenching* dan proses *tempering*. Pada gambar tersebut terlihat fasa akhir dari specimen, yaitu perlit dan ferit. Pada hasil metalografi baja satu lipatan struktur mikro berbentuk perlit dan ferit yang dimungkinkan terjadi akibat beberapa hal seperti proses tempa dan heat treatment yang cukup baik atau sesuai dengan kebutuhan pisau.



Gambar 12. Struktur Mikro dari specimen yang ditempa 1 lipatan

Gambar 13 memperlihatkan struktur mikro dari specimen bahan AISI01 yang telah mengalami proses tempa 4 lipat serta proses *quenching* dan proses *tempering*. Pada gambar tersebut terlihat fasa akhir dari specimen, yaitu bainit dan martensit.



Gambar 13. Struktur Mikro dari specimen yang ditempa 4 lipatan

Pada hasil metalografi baja empat lipatan, didapatkan struktur mikro berbentuk bainit dan martensit, yang dimungkinkan terjadi akibat proses pemanasan yang berlebih, difusi karbon yang terjadi, dan proses heat treatment yang kurang baik pada quenching maupun tempering.

Gambar 13 memperlihatkan struktur mikro dari specimen bahan raw material AISI01. Pada gambar tersebut terlihat fasa akhir dari specimen, yaitu lath martensit. Pada hasil

metalografi baja AISI 01 tanpa proses, didapatkan struktur mikro berbentuk lath martensit, yang terjadi karena kandungan karbon dimungkinkan kurang dari 0.8%.



Gambar 14. Struktur Mikro dari specimen yang ditempa 4 lipatan

### 3.4 ANALISA

Setelah dilakukan pembuatan dan pengujian pada baja AISI 01 dengan proses tempa lipat, maka dapat dianalisa beberapa hal, yaitu bahwa baja tempa yang ditempa dengan empat lipatan memiliki kekuatan dampak paling tinggi yaitu sebesar 224.02 Joule/cm<sup>2</sup>, memiliki kekerasan 32HRC, serta memiliki struktur mikro berbentuk bainit dan martensit. Oleh karena itu, baja yang ditempa dengan empat kali lipatan memiliki sifat mekanik yang sesuai untuk digunakan sebagai bahan pembuat pisau Tanto, dimana standar dari kekuatan dampak untuk senjata tajam adalah 34 Joule [11].

Baja yang ditempa dengan satu lipatan memiliki kekuatan dampak sebesar 195.67Joule/cm<sup>2</sup>, dengan nilai kekerasan sebesar 14HRC, dengan struktur mikro berbentuk perlit dan ferit. Perlit dan ferit terbentuk karena saat terjadinya *quenching*, temperatur baja tidak mencapai titik paling rendah, artinya proses *quenching* yang dilakukan tidak mencapai temperatur kamar. Sedemikian hingga, walaupun telah mendapatkan proses penempaan, baja AISI 01 tersebut tidak dapat mencapai angka kekerasan dan kekuatan dampak yang diharapkan.

Baja yang tidak melalui proses apapun, baik itu berupa penempaan atau pun proses heat treatment ternyata memiliki nilai kekuatan dampak sebesar 132,74 Joule/cm<sup>2</sup>, dengan nilai kekerasan sebesar 41 HRC, serta struktur mikro yang berbentuk lath martensit. Baja tempa dengan satu lipatan mengalami penurunan kekerasan atau memiliki kekerasan paling rendah. Hal ini terjadi akibat proses pemanasan yang terlalu lama (*over heating*) sehingga fasa martensit tidak terbentuk atau terjadi pembesaran bentuk butir. Baja yang dibakar dalam tungku arang juga sangat mungkin mengalami *carburizing* atau penambahan karbon pada permukaan baja.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil proses penempaan, heat treatment dan pengujian, dapat diambil kesimpulan antara lain; dari hasil dari uji dampak didapatkan nilai dampak paling tinggi pada baja tempa empat lipatan yaitu sebesar 224,02 Joule/cm<sup>2</sup>. Dari hasil uji keras, didapatkan nilai kekerasan paling tinggi pada raw material sebesar 41HRC. Dari sisi metalografi, didapatkan perbedaan bentuk struktur mikro, yaitu pada baja tempa empat lipatan terbentuk bainit dan martensit, pada baja 1 lipatan terbentuk perlit dan ferit, sedangkan pada baja raw material memiliki struktur lath martensit. Dari data-data di atas dapat disimpulkan bahwa baja tempa empat lipatan adalah yang material yang paling baik digunakan untuk membuat pisau tanto dengan proses tempa lipat,

## 5. DAFTARPUSTAKA

- [1] M. R. Barnett, A. Sullivan, and R. Balasubramaniam, “Electron backscattering diffraction analysis of an ancient wootz steel blade from central India,” *Mater. Charact.*, vol. 60, no. 4, pp. 252–260, 2009, doi: 10.1016/j.matchar.2008.10.004.
- [2] W. S. and P. Adul, “A Comparison of the Engineering Properties of Nam Phi Steel,” pp. 92–105.
- [3] C. Matsumoto, A. K. Das, T. Ohba, S. Morito, T. Hayashi, and G. Takami, “Characteristics of Japanese sword produced from tatara steel,” *J. Alloys Compd.*, vol. 577, no. SUPPL. 1, pp. S673–S677, 2013, doi: 10.1016/j.jallcom.2012.05.039.
- [4] G. Takami, T. Ohba, S. Morito, and A. K. Das, “Microstructural observation on materials of the Japanese sword under fold-forging process,” *Mater. Sci. Forum*, vol. 654–656, pp. 134–137, 2010, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.654-656.134.
- [5] J. Wadsworth, “Archeometallurgy related to swords,” *Mater. Charact.*, vol. 99, pp. 1–7, 2015, doi: 10.1016/j.matchar.2014.10.019.
- [6] Uddeholm, “Uddeholm Steel for cold work tooling,” 2010, pp. 1–28.
- [7] O. M. Sakai H, “Mechanical Properties of Samurai Swords (Carbon Steel) Made using a Traditional Steelmaking Technology (tatara),” *J. Mater. Sci. Eng.*, vol. 04, no. 02, pp. 2–7, 2015, doi: 10.4172/2169-0022.1000162.
- [8] D. A, Q. GW, L. G. Sanchez, G. de Salazar JM, and C. Portal AJ, “Welding by Hot Forging of Two Carbon Steels for the Manufacture of Spanish and Japanese Weapons,” *J. Mater. Sci. Eng.*, vol. 07, no. 02, 2018, doi: 10.4172/2169-0022.1000446.
- [9] D. Galan and G. Mihalache, “The Knife - Attacking and Defensive Dangerous Weapon,” *Sci. Res. Educ. Air Force*, vol. 19, no. 2, pp. 93–100, 2017, doi: 10.19062/2247-3173.2017.19.2.14.
- [10] P. Trihutomo, “Analisa Kekerasan pada Pisau Berbahan Baja Karbon Menengah...,” *Jurnal Tek. Mesin No 1*, pp. 28–34, 2015.
- [11] K. Paveebunvipak, K. Yu-On, T. Rotpaisarnkit, J. Sakavaratikul, and V. Uthaisangsuk, “Effect of fold-forging techniques for sword making process on mechanical properties of medium carbon steel,” *Eng. J.*, vol. 21, no. 4, pp. 229–241, 2017, doi: 10.4186/ej.2017.21.4.229.