

# PEMANFAATAN LIMBAH BESI DENGAN METODE TEMPA SEBAGAI BAHAN UTAMA PEMBUATAN DAMASCUS STEEL

Yuda Herlin Pratama  
Jurusan Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Email: [herlinyuda354@gmail.com](mailto:herlinyuda354@gmail.com)

## ABSTRACT

Alat potong sering kita jumpai disekitar kita yang digunakan dalam mesin pengolahan makanan mesin pengolahan limbah, maupun dalam mesin pertanian. Perkembangan alat potong sendiri sekarang sudah sangat berkembang dalam pemilihan material dari logam maupun non-logam. Alat potong berperang penting didalam kehidupan kegunaannya sendiri hamper sama dengan pisau yang miliki sifat tajam keras, dan tangguh. Proses penempaan adalah proses pengerjaan logam tradisional melalui proses penempaan, pembentukan atau penyatuan logam dalam suhu panas yang tinggi. Dalam penelitian ini membuat pisau Damascus Steel menggunakan metode tempa tradisional menghasilkan sebuah pisau dengan 32 lipatan Pada pengujian visual dapat disimpulkan bahwa setiap langkah pisau yang di tempa memunculkan pattern. Dengan pisau Damascus 32 lipatan dihasil uji terlihat bahwa pisau Damascus 32 lipatan memiliki kepadatan material yang sangat cukup. Adanya rongga-rongga pada struktur pisau, seperti yang terjadi pada pisau Damascus, yang diakibatkan adanya hydrogen pada wadah proses pemanasan. Pengujian kekerasan pada damscus steel dengan menggunakan hardness rockwell B dapat terbilang memberikan hasil yang cukup baik dengan menggunakan bahan dari limbah besi, dengan memberikan nilai di angka 53,6 HRB.

**Keywords** *Damascus steel*, penempaan tradisional, uji visual, uji kekerasan  
**Paper type** Research paper

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Alat untuk memotong sering kita jumpai di area kita yang digunakan mesin pengolahan makan, mesin pengelola limbah, adapun dalam mesin pertanian. Perkembangan alat potong sekarang sudah sangat berkembang di dalam pemilihan material dari logam maupun non-logam. Alat potong berperan penting bagi kehidupan, kegunaannya hampir mirip dengan pisau yang mempunyai sifat tajam, keras, dan tangguh, proses pembuatan ini berbahakan logam dilakukan dengan cara di tempa (Jhon D. Verhoeven, 2005). Penempaan adalah proses ditempanya logam/baja dengan pengerjaan yang tradisional, proses penempaan ini merupakan proses penyatuannya logam dalam suhu yang panas untuk meningkatkan kekuatan material (Smith, 1982). *Heat treatment* (perlakuan panas) digunakan sebagai perlakuan panas kepada material/logam untuk mendapatkan sifat-sifat yang di inginkan (Gatot, 2018). Proses ini adalah proses dari pengujian material terutama mengetahui perbedaan besi baru dan limbah besi yang tidak digunakan. Besi adalah sebagai material logam yang sering di gunakan di dunia dan merupakan hampir menjadi bahan inti (irmawati, 2020). Maka, limbah besi yang banyak dijumpai adalah besi skrap dalam kategori limbah yang tidak terurai (Mehmetaj *et al.*, 2002). Penelitian melebur dahulu limbah baja lalu ditempa agar menjadi sepuah lempengan besi atau plat. Setelah itu dilakukanlah pembuatan Damascus steel.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari perencanaan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses pembuatan *Damascus steel*?
2. Bagaimana bentuk *pattern Damascus steel* dari bahan limbah baja?
3. Bagaimana hasil pengujian kekerasan pada *Damascus steel*

### 1.3 Batasan Masalah

Penelitian yang dilakukan dibatasi pada ruang lingkup yang lebih rinci agar sesuai dengan topik penelitian. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Proses pembuatan *Damascus steel*
2. pengujian visual dengan melihat *pattern Damascus steel*
3. pengujian uji kekerasan pada alat yang di buat (*Damascus steel*)

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan laporan akhir ini dibagi menjadi dua, yaitu tujuan umum dan tujuan khusus.

1. Mengelola limbah besi melalui proses tempa untuk sebagai bahan utama *Damascus steel*
2. Mengetahui hasil *pattern* dari limbah besi yang sudah ditempa menjadi *Damascus steel*
3. Mengetahui nilai kekerasan suatu material dari limbah besi menjadi *Damascus steel*

### 2.1 Proses tempa (*forging*)

Forging merupakan suatu proses pembentukan logam dengan mendeformasikan plastis suatu bahan. Pada umumnya proses penempaan juga dilakukan secara manual atau menggunakan sebuah mesin. Penempaan dilakukan dengan memberikan beban secara berulang kali ke benda agar mendapatkan bentuk yang diinginkan. Material yang telah ditempa mengalami transformasi bentuk dari batang menjadi plat atau lempengan besi.

### 2.2 *Damascus steel*

*Damascus* adalah baja yang ditempa panas dan berusia berabad-abad atau sangat legendaris. Pengrajin, pandai besi, dan kolektor di dunia telah menemukan kembali artefak *damascus* yang bias di kembangkan untuk masa. Proses pembuatan *damascus* hampir sama dengan pembuatan baja tempa pada umumnya. Namun bahan pisau yang digunakan berbeda (Jhon D. Verhoeven 2005). Ada beberapa tahapan dalam proses pembuatan *damascus* adalah sebagai berikut :

#### 2.2.1 Persiapan material *Damascus*

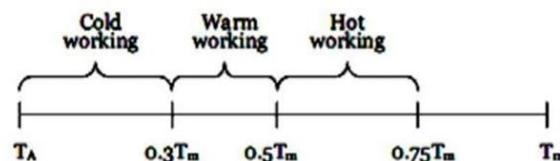
Bahan pisau dilebarkan dalam tungku dengan di campurkan besi murni, ingot, logam sorel, arang, serpihan kaca dan dedaunan (Verhoeven, 2008). Unsur C dan unsur pengotor selama peleburan, serpihan kaca tersebut mencair dan membentuk terak yang melindungi ingot dari oksidasi. Daun menghasilkan hydrogen dimana berfungsi untuk mempercepat karburisasi besi. Kandungan C dari besi meningkat menjadi 1,5%.

#### 2.2.2 Penempaan ingot pisau *Damascus*

Proses penempaan ingot dilakukan dengan cara manual lalu di panaskan pada temperatur tertentu dengan menggunakan tungku, selanjutnya dilakukan proses tempa secara bertahap, dimana setiap tahapan membutuhkan 50 siklus pemanasan

#### 2.2.3 Proses pembuatan pisau *Damascus*

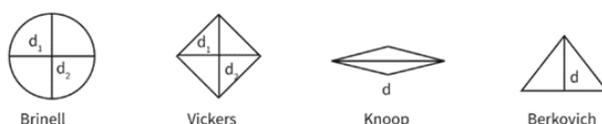
Pisau *damascus* dibuat menggunakan cara ditempa secara manual oleh pandai besi. Langkah pertama dalam pembuatannya yakni dengan memanaskan ingot dengan menggunakan tungku bertemperatur panas lalu membentuk partikel cemetit dan austenite. Kemudian selanjutnya dilakukan sebuah proses penempaan menggunakan palu dan anvil sebagai landasan tempa. Proses penempaan dilakukan hingga penurunan suhu 50°C dibawah suhu rekristalisasi,



kemudian ingot pisau dipanaskan dan di tempa lagi dengan temperatur yang sama secara bertahap. Kemudian langkah berikutnya untuk pembuatan, proses tempaan tergantung pada dimensi bahan. Setelah semua proses dilakukan berikutnya proses grinding menggunakan grinda sabuk agar permukaan dan pembentukan sisi kemudian dilanjutkan dengan proses esta permukaan pisau agar menghasilkan pola *damascus* (Verhoeven and Peterson, 1992).

### 2.3 Uji kekerasan

Uji kekerasan digunakan sebagai mengukur ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis yang terlokasi. Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan material dengan indenter dan menganalisis pengaruhnya. Ada beberapa bentuk indenter yang digunakan sebagai uji kekerasan material (Sani, 2019).



#### 2.4 Bahan dan material

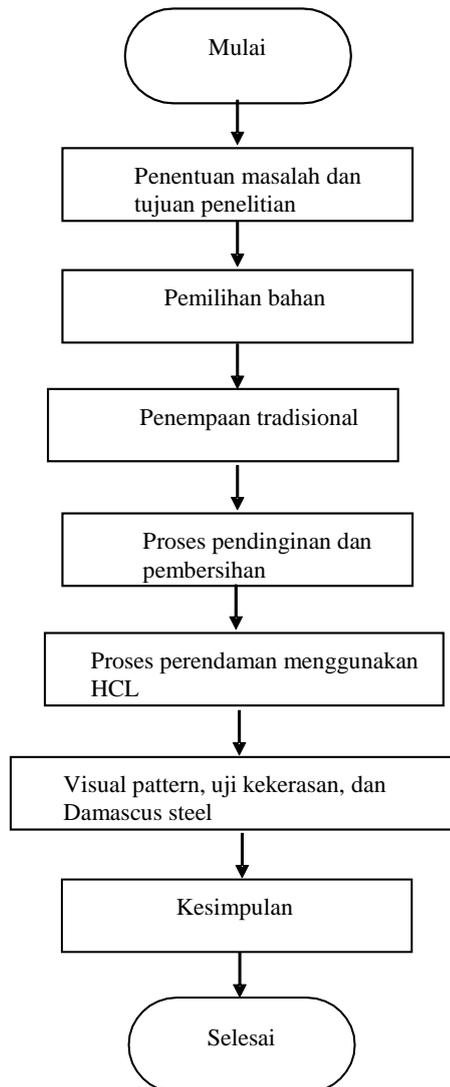
Factor yang penting dalam proses pembuatan adalah menentukan bahan yang tepat, pandai besi kesulitan dalam menentukan baja yang kualitasnya cocok membuat damaskus. Namun pada saat ini dengan adanya pengolahan besi yang mudah dicari, banyak baja-baja yang tersedia mulai dari baja yang sederhana hingga baja yang berteknologi tinggi. Sifat pisau sendiri sangat tergantung pada unsur-unsur yang terkandung dalam material (Mehmetaj *et al.*, 2002),

1. Besi (Fe)  
Besi adalah logam yang paling umum didapati dalam bentuk biji, tetapi tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni. Biji besi dileburkan dan dimurnikan sebelum digunakan. Selama proses peleburan dan permurnian, unsur paduan akan ditambahkan agar merubah property pada besi.
2. Karbon (C)  
Karbon dalam baja sangat bermacam, untuk bahan pisau harus menggunakan kandungan karbon yang sesuai dengan pisau yang akan digunakan nantinya. Kandungan karbon rendah pada bahan pisau memiliki sifat ketangguhan, Sedangkan kandungan karbon yang tinggi pada pisau dapat membuat sifat keras dan tahan aus. Namun kandungan karbon yang sangat tinggi malah akan membuat getas dan sulit untuk ditempa.
3. Chromium (Cr)  
Pemberian Cr akan meningkatkan keras, kuat, dan ketahanan terhadap keausan, kemampuan panas, memperlambat cepatnya korosi dan bisa menurunkan regangnya. Beberapa besar penambahan Cr pada baja berkisar antara 0,51-1,50%. Beberapa baja tahan karat mengandung 20% Cr, hal ini bias mempengaruhi pada saat penempaan dan menyebabkan baja mudah retak.
4. Timbal (Pb)  
Penambahan unsur ini dapat meningkatkan *mechine ability*, namun tidak mempengaruhi propertis dari baja. Penambahan Pb pada baja berkisar antara 0,15-0,30%.
5. Mangan (Mn)  
Penambahan unsur Mangan (Mn) berguna sebagai meningkatkan kekuatan dan memiliki sifat yang baik setelah perlakuan panas. Kandungan Mn pada baja berkisar di 0,5-2,0%.
6. Nikel (Ni)  
Penambahan nikel (Ni) dapat meningkatkan ketangguhan dan memperkuat baja, tetapi tidak efektif pada meningkatkan kekerasan. Unsur Ni dalam baja pada umumnya berkisar diantara 1-4%. Sebagian baja tahan karat mengandung unsur Ni sampai 36%.
7. Molybdenum (Mo)  
Kandungan ini dalam baja bias meningkatkan kekerasan yang bersamaan dengan ketangguhan dan tahan pada tempratur tinggi. Paduan Mo dibawah dari 0,20%, cocok untuk ditempa.
8. Silikon (Si)  
Silicon (Si) dapat meningkatkan kekuatan Tarik. Apabila digabungkan dengan unsu lain Si juga bias meningkatkan ketengguhan. Penambahan 1,5-2,5% unsur Si pada baja dapat meningkatkan konduktivitas terhadap listrik.
9. Fosfor (P)  
Fosfor (P) salah satu unsur pengotor pada baja, persentasenya sangatlah kecil. Kandungan unsur P pada baja, meningkatkan kekuatan luluh dan mengurangi *ductile* pada tempratur rendah. Unsur P meningkatkan ketahanan pada korosi.
10. Sulfur (S)  
Sulfur (S) juga termasuk unsur pengotor pada baja. Penambahan unsur S pada baja bias merusak property pada logam, namun dapat meningkatkan *machinability*

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan skema berupa urutan kegiatan yang dilakukan penulis dalam kegiatan penelitian dan penyusunan laporan :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## PEMBAHASAN

### 4.1 pembuatan dan pattern damscus steel

Awal proses pembuatan damascus steel ialah pencampuran bahan bahan yang telah di siapkan, dengan lapisan dan campuran bahan yang pas. Kawat las di gunakan hanyalah bagian fluks, fungsi dari fluks ini adalah agar melindungi logam cair dari kontaminasi udara dan mengontrol kestabilan lelehnya besi (Chandra 2021). Kemudian bahan utama di masukkan dengan fluks yang telah di hancurkan halus lalu memasukkan boraks dan pasir besi hingga terisi penuh. Pasir besi yang digunakan pada saat pencampuran tidak boleh berlebihan karna itu dapat membuat campuran tersebut menjadi keras bila di tempa. proses penutupan dan pelubangan wadah bahan, tujuan pelubangan adalah agar padasaat pemanasan atau peleburan oksigen tidak terkurung di dalam tempat tersebut dapat terbebas keluar sehingga tidak terjadinya bloating atau bisa terjadinya ledakan akibat tidak adanya udara yang terbebaskan.

## Analisis Pengaruh Quenching pada Perhiasan dengan Alloy Emas Kuning Kadar 750‰ untuk Mengatasi Kegagalan Retak Pengecoran



Setelah dilakukannya pelubangan, bahan tadi di celupkan di air terlebih dahulu agar borak dan fluk tercampur. Pemanasan di lakukan dengan menggunakan tungku yang sederhana menggunakan arang sebagai bahan bakarnya dan arang tersebut di tiupkan blower dari bagian bawahnya supaya arang menjadi bara dan mempercepat pembakan yang terjadi padasaat peleburan bahan.



Bahan yang telah ditaruh ditungku, peleburan pertama sekitar 3 menit lalu ditempa dan di grinda bertujuan untuk mempermudahnya saat melipat bahan. Lalu ditempa kembali agar memadatkan bahan dan selanjutnya di masukkan lagi ke dalam tungku dan seperti itu di ulang

hingga 5 lipatan pembakaran yang berarti total lipatannya adalah 32 lipatan. Setelah jadinya bahan yang terbentuk lempengan besi dibentuk seperti pisau

agar memiliki nilai guna, setelah itu di grinda dan dibersihkan dari kerak bekas pemanasan dan juga memudahkan saat menghaluskan permukaan damascus. Permukaan damascus di rendam kedalam air asam klorida bertujuan agar pattern atau motif pada damascus akan kelihatan dengan jelas, perendaman dilakukan sekita 15-20 menit bila dilakukan terlalu lama akan membuat damascus terkikis dan dapat membuat karat apabila tidak bersihkan.



### 4.2 Uji kekerasan pada *Damascus*

Sebelum pengujian dilakukan, dilakukannya pemotongan agar menjadi sample untuk di uji



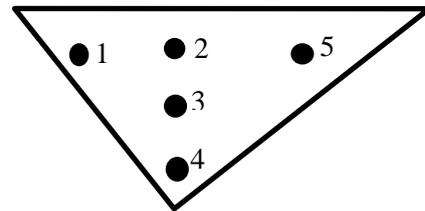
Saya mengambil potongan yang telah saya beritanda pada gambar di atas. Potongan tersebut di uji dengan pengujian, yaitu:

- Specimen 1 = pengujian, uji kekerasan.

Sebelum pengujian dilakukan, persyaratan dari uji kekerasan adalah kerataan, maka dari itu sebelum dilakukannya pengujian, specimen di resin terlebih dahulu agar permukaan dari kedua sisi rata dan saat pengujian lebih maksimal.



TITIK	HRB	RATA- RATA HRB
1	53	53,6
2	52,5	
3	54	
4	55	
5	53,5	



Dari uji kekerasan pada specimen yang dilakukan menggunakan HRB (Hardness Rockwell B) dan dengan rata rata yang di dapat pada specimen tersebut adalah 53,6 HRB yang berarti alat yang di uji masuk dalam kriteria pada table referensi yang berkisar dari nilai poin 37 hingga 120.

## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian dapat disimpulkan bahwa:

- hasil penelitian membuat Damascus steel dari bahan limbah dapat dikatakan berhasil karena specimen pisau muncul pattern.
- Hasil pengamatan uji visual menunjukkan bahwa terdapat pattern dari penempaan.
- Kekerasan yang di hasilkan masuk pada kriteria material yang di tentukan (besi tempa) yang berkisaran di poin 37 hingga 120 berdasarkan ketentuan table referensi.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Melakukan penelitian serupa dengan material limbah yang berbeda, dengan proses penempaan yang berbeda
- Menggunakan bahan yang sama dan menggunakan metode tempa yang sama tetapi mengubah proses lipatan tempa pisau
- Melakukan pengecekan disetiap langkah pembuatan pisau terutama saat proses pemanasan, agar terhindarnya dari hydrogen yang membuat spesiment cacat atau crack.
- Sebelum melakukan pengujian kekerasan lebih baik specimen yang digunakan harus rata agar tidak kesulitan saat pengujian.
- Mengetahui bahan dan mengetahui bahan terbuat dari apa agar tidak salah dalam menentukan pengujian kekerasan.

## Daftar pustaka

- [1] Dimu, R., Widhiyanuriyawan, D. and Sugiono, S. (2014) 'Optimasi Hardening Baja Karbon Sedang Dengan Fluida Getah Pohon Pisang Menggunakan Metode Taguchi', *Rekayasa Mesin*, 5(2), pp. 135–140. doi: 10.21776/ub.jrm.
- [2] Jhon D. Verhoeven (2005) 'Metallurgy of steel for bladesmiths & others who heat treat and forge steel', *Iowa State University*, (March), pp. 66–68.
- [3] Mehmetaj, B. *et al.* (2002) 'Aluminium Scrap Recycling With Solid Layer Fractional Crystallization', *Chemical Engineering Transactions*, 1, pp. 879–884.
- [4] Nurjaman, F. *et al.* (2019) 'Pemanfaatan Limbah Industri Baja Sebagai Bahan Baku Pembuatan Logam Pig Iron: Peleburan Mill Scale Menggunakan Submerged Arc Furnace', *Metalurgi*, 1, pp. 37–48.
- [5] Peterson, D. T., Baker, H. H. and Verhoeven, J. D. (1990) 'Damascus steel, characterization of one Damascus steel sword', *Materials Characterization*, 24(4), pp. 355–374. doi: 10.1016/1044-5803(90)90042-I.
- [6] Schey, J. A. (2000) 'No Title', *Introduction to Manufacturing Processes*.
- [7] Smith, C. S. (1982) 'Damascus steel [4]', *Science*, 216(4543), pp. 242–244. doi: 10.1126/science.216.4543.242-c.
- [8] Trihutomo, P. (2015) 'Analisa Kekerasan pada Pisau Berbahan Baja Karbon Menengah..', *Jurnal Teknik Mesin No 1*, pp. 28–34.
- [9] Verhoeven, J. D. (2008) 'the Mystery of', *American Economic Review*, 98(1), pp. 333–357. Available at: <http://www.aeaweb.org/aer/%5Cnhttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoh&AN=0954673&site=ehost-live%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1257/aer.98.1.333>.
- [10] Verhoeven, J. D. and Peterson, D. T. (1992) 'What is a damascus steel?', *Materials Characterization*, 29(4), pp. 335–341. doi: 10.1016/1044-5803(92)90105-Q.
- [11] Yoso, M. (2013) 'No Title', *Study of Javanese Sword from a Viewpoint of steel strength*, 557, pp. 690–694.