

**Perencanaan proses pembuatan *dies trimming* paku tapal kuda**

***Planning the process for making horseshoe nail trimming dies***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Nama: Adi Muhammad**

**NPM: 193030012**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN  
BANDUNG  
2025**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Adi Muhammad  
Nomor Pokok Mahasiswa : 193030012  
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi.
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi.
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil *plagiarism*.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 22 April 2025

Penulis,



Adi Muhammad

## SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Adi Muhammad

NPM : 193030012

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Perencanaan proses pembuatan *dies trimming* paku tapal kuda.

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta,

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 22 April 2025

Yang menyatakan,



Adi Muhammad

## LEMBAR PENGESAHAN

**Perencanaan proses pembuatan *dies trimming* paku tapal kuda**



**Nama : Adi Muhammad**

**NPM : 193030012**

**Pembimbing Utama**

**Dr. Ir. Gatot Santoso, M.T.**

**Pembimbing Pendamping**

**Dr. Ir. Ade Bagdja, MME.**

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

### Perencanaan proses pembuatan *dies trimming* paku tapal kuda



Nama : Adi Muhammad

NPM : 193030012

Tanggal sidang skripsi: 22 April 2025

Ketua : Dr. Ir. Gatot Santoso, M.T.

.....

Sekretaris : Dr. Ir. Ade Bagdja, MME.

.....

Anggota : Dr. Ir. Dedi Lazuardi, DEA.

.....

Anggota : Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.

.....

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala tuhan yang maha esa berkat rahmat, hidayah, karunia-Nya kepada kita semua sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Perancangan proses pembuatan *dies trimming* paku tapal kuda” salawat serta salam terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

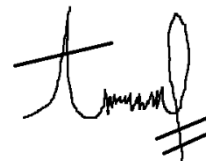
Pada saat ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah memberikan dukungan baik dari segi semangat maupun materi, sehingga laporan skripsi ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih ini ditujukan kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan.
2. Bapak Dr. Ir. Gatot Santoso, M.T. sebagai pembimbing utama Skripsi, telah memberikan bimbingan dan pengetahuan yang berguna dalam menuntaskan laporan ini.
3. Bapak Dr. Ir. Ade Bagdja, MME. Sebagai pembimbing pendamping Skripsi, saya telah diberikan bimbingan dan pengetahuan yang bermanfaat dalam proses penyelesaian laporan ini.
4. Kedua orang tua yang tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dorongan semangat kepada Penulis untuk menyelesaikan laporan ini.
5. Keluarga Teknik Mesin 2019 yang telah memberikan motivasi dan saling mengingatkan untuk menyelesaikan laporan.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan bahkan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan skripsi ini, atas perhatian dan masukannya, penulis ucapkan terima kasih.

Bandung, 22 April 2025

Penulis,



Adi Muhammad

NPM: 193030012

## DAFTAR ISI

|                                                                               |             |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>SURAT PERNYATAAN .....</b>                                                 | <b>I</b>    |
| <b>SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>                           | <b>II</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>                                     | <b>III</b>  |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>                                         | <b>IV</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                                    | <b>V</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                        | <b>VI</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                                     | <b>VIII</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                     | <b>X</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                          | <b>XI</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                         | <b>XII</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                                 | <b>1</b>    |
| 1. Latar belakang .....                                                       | 1           |
| 2. Rumusan masalah.....                                                       | 2           |
| 3. Tujuan.....                                                                | 2           |
| 4. Manfaat.....                                                               | 2           |
| 5. Lingkup masalah.....                                                       | 2           |
| 6. Sistematika penulisan .....                                                | 3           |
| <b>BAB II STUDI LITERATUR .....</b>                                           | <b>4</b>    |
| 1. Paku tapal kuda.....                                                       | 4           |
| 2. Pengertian tempa ( <i>forging</i> ).....                                   | 5           |
| A. <i>Open dies forging</i> .....                                             | 6           |
| B. <i>Impression die forging</i> .....                                        | 8           |
| C. <i>Flashless forging</i> .....                                             | 9           |
| 3. <i>Draft angle</i> .....                                                   | 10          |
| 4. <i>Trimming</i> .....                                                      | 10          |
| 5. Pemilihan material dan proses .....                                        | 11          |
| A. Material <i>dies</i> paku tapal kuda.....                                  | 11          |
| B. Material paku tapal kuda .....                                             | 12          |
| C. Proses manufaktur pada proses perancangan <i>dies</i> paku tapal kuda..... | 13          |
| <b>BAB III METODOLOGI .....</b>                                               | <b>14</b>   |
| 1. Tahapan penelitian.....                                                    | 14          |

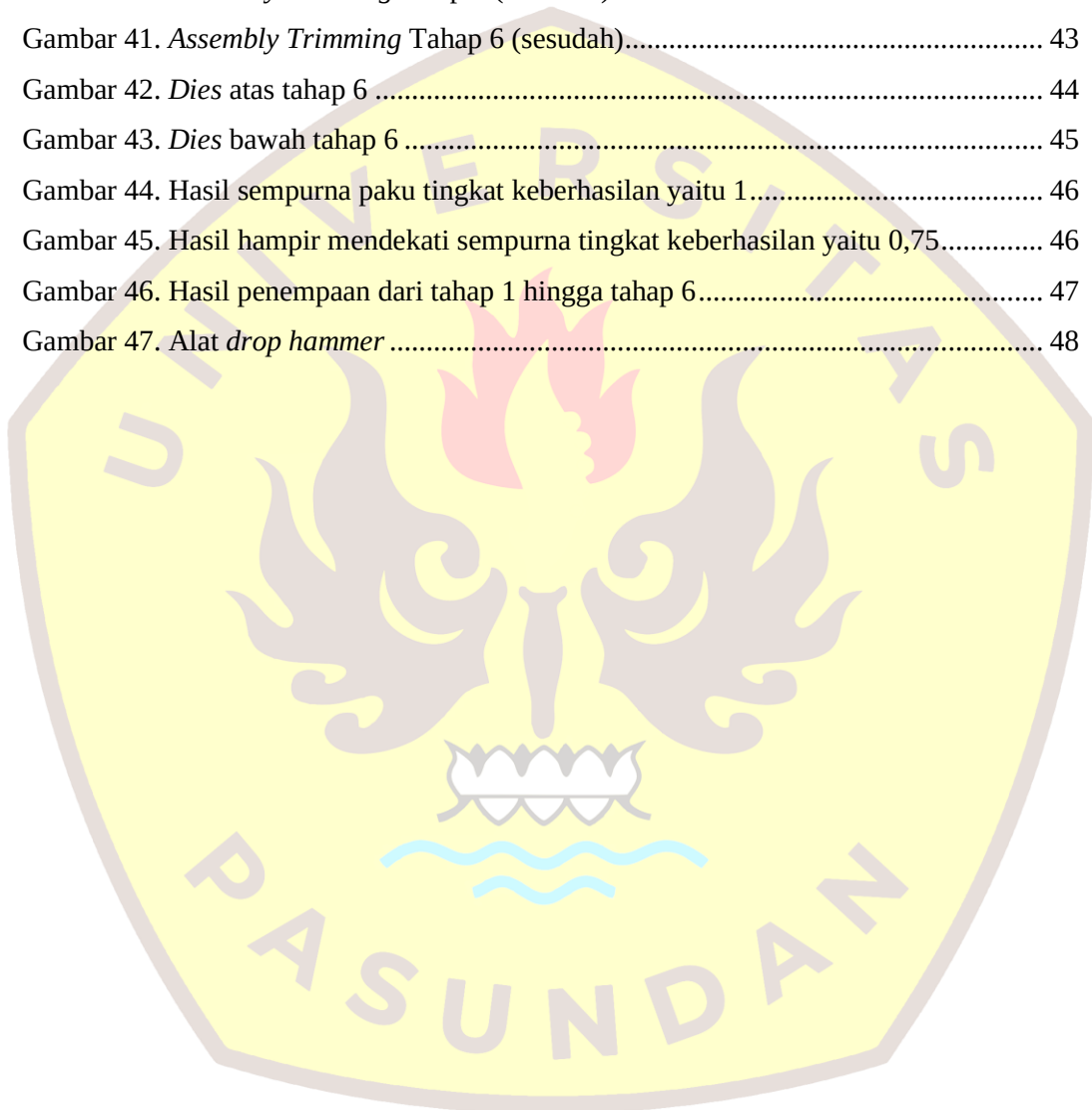
|                                          |                                                             |           |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.                                       | Jadwal kegiatan.....                                        | 18        |
| 3.                                       | Tempat penelitian .....                                     | 19        |
| 4.                                       | Peralatan dan material yang digunakan .....                 | 20        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> |                                                             | <b>21</b> |
| 1.                                       | <i>Trimming</i> tahap 6.....                                | 21        |
| 2.                                       | Hasil perhitungan gaya .....                                | 21        |
|                                          | A. Hasil perhitungan gaya pada <i>trimming</i> tahap 6..... | 21        |
| 3.                                       | Perhitungan volume rongga cetak & selisih volume .....      | 22        |
| 4.                                       | Gambar teknik <i>dies</i> .....                             | 23        |
| 5.                                       | Tahapan pengerjaan.....                                     | 28        |
|                                          | A. Material baja.....                                       | 28        |
|                                          | B. Pemotongan baja .....                                    | 28        |
|                                          | C. Hasil dari pemotongan.....                               | 29        |
| 6.                                       | Pembuatan <i>dies trimming</i> .....                        | 29        |
| 7.                                       | <i>Dies trimming</i> .....                                  | 30        |
| 8.                                       | Pengujian <i>dies</i> paku tapal kuda.....                  | 30        |
|                                          | A. Pengujian <i>dies trimming</i> .....                     | 30        |
| 9.                                       | Analisis hasil pengujian.....                               | 33        |
| 10.                                      | Rincian anggaran .....                                      | 35        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>  |                                                             | <b>36</b> |
| 1.                                       | Kesimpulan.....                                             | 36        |
| 2.                                       | Saran .....                                                 | 36        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>              |                                                             | <b>37</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                     |                                                             | <b>39</b> |
| 1.                                       | Hasil perhitungan gaya .....                                | 39        |
| 2.                                       | Gambar teknik .....                                         | 39        |
| 3.                                       | Dokumentasi.....                                            | 46        |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1. Tahapan pembentukan paku tapal lokal .....                               | 1  |
| Gambar 2. Paku tapal kuda .....                                                    | 4  |
| Gambar 3. Standar paku tapal kuda .....                                            | 5  |
| Gambar 4. Ideal <i>forging</i> .....                                               | 6  |
| Gambar 5. <i>Forging</i> .....                                                     | 7  |
| Gambar 6. <i>Open dies forging</i> .....                                           | 8  |
| Gambar 7. <i>Impression die forging</i> .....                                      | 9  |
| Gambar 8. <i>Draft angle</i> .....                                                 | 10 |
| Gambar 9. <i>Trimming</i> .....                                                    | 10 |
| Gambar 10. <i>Up milling and down milling</i> .....                                | 13 |
| Gambar 11. <i>Slab milling and face milling</i> .....                              | 13 |
| Gambar 12. Diagram alir tahapan penelitian .....                                   | 14 |
| Gambar 13. Paku tahap satu.....                                                    | 16 |
| Gambar 14. Paku tahap dua .....                                                    | 16 |
| Gambar 15. Paku tahap tiga .....                                                   | 16 |
| Gambar 16. Paku tahap empat .....                                                  | 17 |
| Gambar 17. Paku tahap lima .....                                                   | 17 |
| Gambar 18. Paku tahap enam .....                                                   | 17 |
| Gambar 19. Paku tahap tujuh.....                                                   | 18 |
| Gambar 20. Tempat kegiatan .....                                                   | 19 |
| Gambar 21. <i>Assembly dies</i> Tahap 6 .....                                      | 23 |
| Gambar 22. <i>Assembly trimming</i> Tahap 6 (sebelum) .....                        | 24 |
| Gambar 23. <i>Assembly trimming</i> Tahap 6 (sesudah).....                         | 25 |
| Gambar 24. <i>Dies</i> atas tahap 6 .....                                          | 26 |
| Gambar 25. <i>Dies</i> bawah tahap 6 .....                                         | 27 |
| Gambar 26. Material baja .....                                                     | 28 |
| Gambar 27. Pemotongan baja .....                                                   | 28 |
| Gambar 28. Hasil dari pemotongan .....                                             | 29 |
| Gambar 29. Pemotongan <i>dies</i> .....                                            | 29 |
| Gambar 30. Hasil jadi <i>dies trimming</i> .....                                   | 30 |
| Gambar 31. Benda kerja paku tapal kuda tahap 5 ( <i>forging</i> ) .....            | 31 |
| Gambar 32. Pemasangan <i>dies trimming</i> ke rangka <i>dies drop hammer</i> ..... | 31 |
| Gambar 33. Proses penempaan menggunakan <i>drop hammer</i> .....                   | 32 |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 34. Bentuk akhir paku .....                                              | 33 |
| Gambar 35. Kriteria paku dengan Nilai 1 .....                                   | 34 |
| Gambar 36. Kriteria paku dengan nilai 0,75.....                                 | 34 |
| Gambar 37. Gambar teknik <i>dies</i> atas tanpa dimensi .....                   | 39 |
| Gambar 38. Gambar teknik <i>dies</i> bawah tanpa dimensi.....                   | 40 |
| Gambar 39. <i>Assembly dies</i> tahap 6.....                                    | 41 |
| Gambar 40. <i>Assembly trimming</i> tahap 6 (sebelum) .....                     | 42 |
| Gambar 41. <i>Assembly Trimming</i> Tahap 6 (sesudah).....                      | 43 |
| Gambar 42. <i>Dies</i> atas tahap 6 .....                                       | 44 |
| Gambar 43. <i>Dies</i> bawah tahap 6 .....                                      | 45 |
| Gambar 44. Hasil sempurna paku tingkat keberhasilan yaitu 1.....                | 46 |
| Gambar 45. Hasil hampir mendekati sempurna tingkat keberhasilan yaitu 0,75..... | 46 |
| Gambar 46. Hasil penempaan dari tahap 1 hingga tahap 6.....                     | 47 |
| Gambar 47. Alat <i>drop hammer</i> .....                                        | 48 |



## DAFTAR TABEL

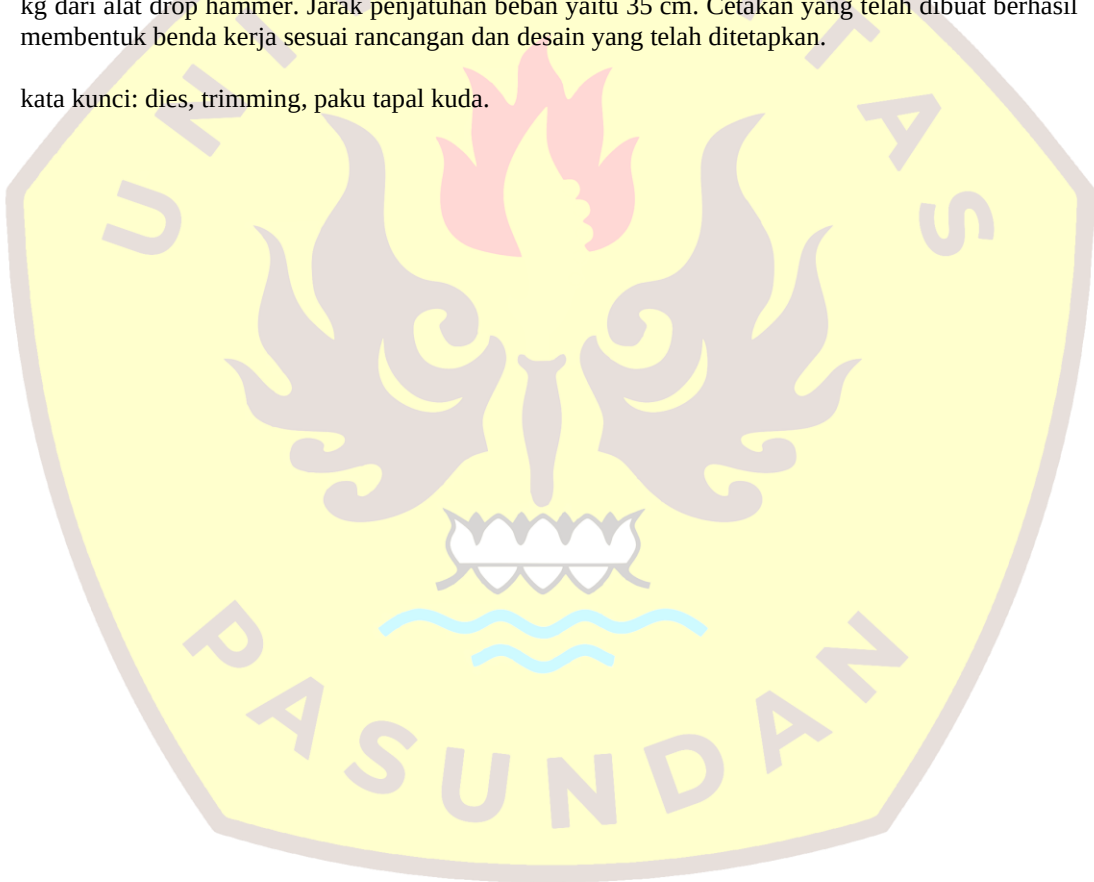
|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. Jenis material .....                        | 12 |
| Tabel 2. Jadwal kegiatan.....                        | 18 |
| Tabel 3. Peralatan dan material yang digunakan ..... | 20 |
| Tabel 4. Anggaran.....                               | 37 |
| Tabel 5. Gaya proses <i>trimming</i> .....           | 41 |



## ABSTRAK

Paku tapal kuda adalah sebuah logam yang berujung runcing dan biasanya terbuat dari material baja. Paku tapal kuda berfungsi untuk melekatkan tapal kuda pada kuku kuda agar tetap menempel dan tidak terlepas. Permasalahan saat ini paku tapal kuda lokal kalah bersaing dikarenakan proses manufaktur yang dilakukan menggunakan proses konvensional, sehingga hasilnya belum memenuhi standar paku tapal kuda import. Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan utamanya adalah rendahnya kualitas paku tapal kuda lokal dibandingkan produk import. Hal ini mendorong dilakukannya penelitian yang berjudul Perencanaan Proses Pembuatan Dies Trimming Paku Tapal Kuda. Penelitian ini bertujuan agar produk paku tapal kuda yang dihasilkan dapat memenuhi standar, khususnya dalam aspek kualitas. Tahapan yang dilakukan meliputi perencanaan proses trimming bentuk paku tapal kuda dengan menggunakan aplikasi solidworks. Dies dirancang dengan material baja karbon menengah S45C. Prosesnya melibatkan perhitungan gaya yang dibutuhkan untuk mendeformasi material paku dalam proses trimming serta pembuatan prototype dies paku tapal kuda. Gaya yang dibutuhkan dalam proses trimming tercatat sebesar 318 N. Persentase keberhasilan hasil pengujian tahap 6 trimming paku tapal kuda sebesar 84,9 % (84 pengujian berhasil dari 98 kali pengujian). Proses pengujian dilakukan satu kali penjatuhan beban, dengan menggunakan beban 6 kg dari alat drop hammer. Jarak penjatuhan beban yaitu 35 cm. Cetakan yang telah dibuat berhasil membentuk benda kerja sesuai rancangan dan desain yang telah ditetapkan.

kata kunci: dies, trimming, paku tapal kuda.



## ABSTRACT

Horseshoe nails are a metal with a pointed tip and are usually made of steel material. Horseshoe nails function to attach horseshoes or poodles to horsehoofs so that they remain attached and not detached. The current problem is that local horseshoe nails are less competitive because the manufacturing process is carried out using conventional processes, so the results do not meet the standards of imported horseshoe nails. Based on this background, the main problem is the low quality of local horseshoe nails compared to imported products. This prompted the conduct of a research entitled Planning the Process for Making Horseshoe Nails Trimming. This research aims to ensure that the horseshoe nail products produced can meet standards, especially in terms of quality. The stages carried out include planning the process of trimming the shape of a horseshoe nail using the solidworks application. Dies are designed with S45C medium carbon steel material. The process involves calculating the force needed to deform the nail material in the trimming process as well as making a prototype of the horseshoe nail dies. The force required in the trimming process was recorded at 318 N. The success rate of the test results of stage 6 of horseshoe nail trimming was 84.9 % (84 successful out of 98 tests). The test process was carried out once the load was dropped, using a 6 kg load from the drop hammer. The weight dropping distance is 35 cm. The molds that have been made have succeeded in forming the workpiece according to the design and design that has been set.

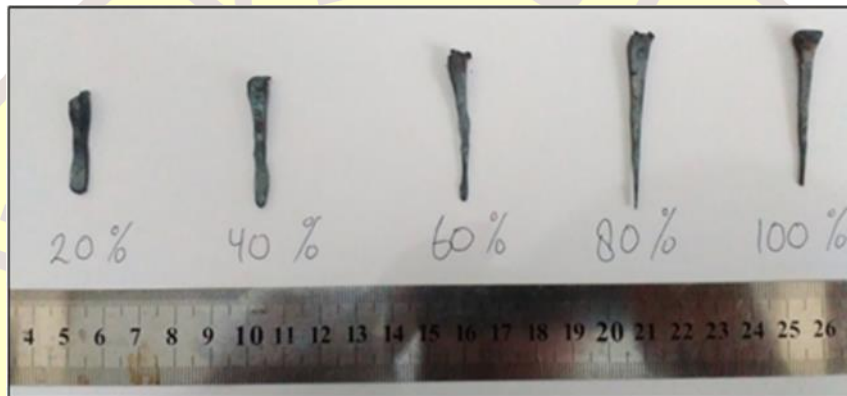
keywords: dies, trimming, horseshoe nails.



# BAB I PENDAHULUAN

## 1. Latar belakang

Paku tapal kuda adalah sebuah logam berujung runcing biasanya terbuat dari material baja untuk melekatkan Sepatu kuda / tapal pada kuku kaki kuda agar tapal kuda tetap melekat dan tidak terlepas. Para konsumen lebih memilih membeli paku tapal kuda import daripada paku tapal kuda produk lokal. Paku tapal kuda lokal kalah bersaing dikarenakan proses manufaktur yang dilakukan menggunakan proses konvensional sehingga memiliki kualitas yang masih jauh dari standar paku tapal kuda import khususnya dari Australia dan Swedia [1].



Gambar 1 Tahapan Pembentukan Paku Tapal Lokal[1]

Proses pembuatan paku tapal kuda lokal masih menggunakan alat-alat tradisional. Dimana prosesnya memakan waktu yang sangat panjang dan kualitasnya yang jauh dari standar paku tapal kuda *import*. Berikut adalah gambar tahapan proses pembuatan untuk paku kuda lokal. Untuk meningkatkan kualitas paku tapal kuda dalam negeri yang sesuai standar kuda pacu, diperlukan pengetahuan untuk meningkatkan mutu serta kualitas produk yang dapat bersaing dengan produk *import*

## 2. Rumusan masalah

Berdasarkan permasalahan latar belakang sebelumnya, penulis merumuskan pokok permasalahan dalam penelitian ini. Rumusan masalahnya sebagai berikut:

- Bagaimana perancangan dan pembuatan *dies trimming* pada operasi pembentukan paku tapal kuda?
- Bagaimana proses pembentukan paku tapal kuda pada *dies trimming*?

### 3. Tujuan

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

- a. Merancang dan manufaktur *dies trimming* pada tahapan proses paku tapal kuda.
- b. Menguji *prototype dies trimming* paku tapal kuda yang telah dibuat.

### 4. Manfaat

Dari penelitian ini diperoleh manfaat yaitu sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dapat menjadi pengganti metode pembuatan paku ladam kuda bagi pengrajin lokal.
- b. Penelitian ini membantu meningkatkan kualitas paku ladam kuda lokal.

### 5. Lingkup masalah

Batasan masalah yang dilakukan dalam penelitian rancangan ini adalah:

- a. Merancang dan membuat *prototype* dari *dies trimming* pada operasi pembentukan paku tapal kuda.
- b. Pembuktian dari fungsi kerja *dies* yang dirancang, pembuatan *dies* menggunakan material baja karbon menengah S45C dan material paku menggunakan kawat timah (*lead wire*).

### 6. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari 5 (lima) bab dan daftar pustaka yaitu:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Memaparkan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat, batasan masalah dan sistematika laporan.

#### **BAB II STUDI LITERATUR**

Memaparkan mengenai teori tentang paku tapal kuda, proses *trimming*, *forging* dan *upsetting*.

#### **BAB III METODOLOGI**

Memaparkan mengenai tahapan penelitian yang didukung diagram alir serta penjelasan tentang metode pengujian dan metode pengolahan data atau analisis hasil pengujian.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menjelaskan tentang hasil perhitungan gaya, rincian anggaran yang digunakan pada penelitian ini dan proses pembuatan *dies trimming*.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Menjelaskan tentang kesimpulan keseluruhan dari penelitian ini dan berikut saran dari penelitian ini.





## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Persentase keberhasilan hasil pengujian tahap 6 *trimming* paku tapal kuda sebesar 84,9 % (84 pengujian berhasil dari 98 kali pengujian).
- b. Proses pengujian dilakukan satu kali penjatuhan beban, dengan menggunakan beban 6 kg dari alat drop hammer. Jarak penjatuhan beban yaitu 35 cm.
- c. Gaya yang dibutuhkan untuk mendeformasi material paku dalam proses trimming yaitu sebesar 318 N.

### 2. Saran

Saran yang didapat dari penelitian, agar hasil cavity pada dies lebih sempurna dibutuhkan proses pemesinan yang memiliki tingkat ketelitian tinggi seperti EDM (*Electrical discharge machining*), yang dapat menghasilkan cavity yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Permana, G. Santoso, B. Heru, and F. Ridwan, "Pengaruh Derajat Deformasi Terhadap Evolusi Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Ladam Dan Paku Kuda Akibat Proses Forging," 2019.
- [2] M. G. Rathi and N. A. Jakhade, "An Overview of Forging Processes with Their Defects," *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 4, no. 6, 2014, [Online]. Available: [www.ijsrp.org](http://www.ijsrp.org)
- [3] A. Antonnius, A. Afdal, M. Mukhnizar, R. Abu, and A. Azman, "Perencanaan Mesin Tempa Logam Dengan Sistem Forging Hammer," *Jurnal Teknik, Komputer, Agroteknologi Dan Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 163–174, Nov. 2022, doi: 10.56248/marostek.v1i2.29.
- [4] D. William and J. Callister, *Fundamentals of Materials Science and Engineering An Integrated Approach (5th- edition)*. 2015.
- [5] M. Hawryluk, P. Kondracki, J. Krawczyk, M. Rychlik, and J. Ziembra, "Analysis of the impact of forging and trimming tools wear on the dimension-shape precision of forgings obtained in the process of manufacturing components for the automotive industry," *Eksplotacja i Niezawodnosc*, vol. 21, no. 3, pp. 476–484, 2019, doi: 10.17531/ein.2019.3.14.
- [6] C. Michael Allen Adjelian Allen Rubeli Ltd *et al.*, *ASM Handbook VOL 1, Properties and Selection: Irons Steels and High Performance Alloys*.
- [7] T. Jaya Suteja, S. Candra, and Y. Aquarista, "Optimasi Proses Pemesinan Milling Fitur Pocket Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Response Surface Methodology."
- [8] M. S. Permana, G. Santoso, and B. Heru, "Pengembangan Metode Proses Manufaktur dan Pemilihan Material Ladam & Paku Untuk Kuda Pacu dan Ketangkasan Berkuda."
- [9] M. Chandrasekaran, "Forging of metals and alloys for biomedical applications," in *Metals for Biomedical Devices*, Elsevier Ltd, 2010, pp. 235–250. doi: 10.1533/9781845699246.3.235.
- [10] Serope. Kalpakjian and S. R. . Schmid, *Manufacturing engineering and technology*. Pearson, 2020.

- [11] R. J. Mohammed, "Manufacturing Processes (ME337), Third year," Basrah, Iraq, 2019.
- [12] M. Saripuddin, *Mengenal Logam Sebagai Bahan Teknik*. Deepublish, 2021.
- [13] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Systems, 5th Edition*. 2012.
- [14] *Metal forming handbook*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2023. doi: 10.1007/978-3-642-58857-0.
- [15] T. Siewert, S. Liu, D. R. Smith, M. Juan, and C. Madeni, "Database for Solder Properties with Emphasis on New Lead-free Solders," 2002.
- [16] A. Septiawan, M. Mukhnizar, and Z. Zulkarnain, "Pembuatan Mesin Tempa Logam Dengan System Forging Hammer," *J. Tek. Komputer, Agroteknologi Dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.56248/marostek.v2i1.41.
- [17] K. Sudarmono, "Penempaan," vol. 2, p. 6, 2020, [Online]. Available: [https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Penempaan//Proses ini dikenal dengan sebutan, digunakan memiliki kontur yang tipis](https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Penempaan//Proses%20ini%20dikenal%20dengan%20sebutan%20digunakan%20memiliki%20kontur%20yang%20tipis).
- [18] J. Steven, "Logam," 2022. <https://trentonforging.com/what-are-the-different-metal-forging-methods/> (accessed Jul. 25, 2024).
- [19] J. R. Johnson, "Engineering and Technology," vol. 7, no. 5–6. 1987. doi: 10.1177/0270467687007005-605.
- [20] R. Levy, "Memahami Proses, Metode dan aplikasi Penempaan Logam," vol. 1, p. 1, 2023, [Online]. Available: <https://www.tfgusa.com/metal-forging-processes-methods/>
- [21] A. C. Sentosa, "Teknik Forging Dalam Industri: Metode, Proses dan Pengaplikasiannya," 2024. <https://www.alvindocs.com/blog/forging> (accessed Jul. 25, 2024).
- [22] P. Y. M. W. Ndaruhadi, "Perbandingan Perubahan Sifat Mekanik Aluminium Pada Proses Tempa Dingin," *Media Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 23–29, 2010.
- [23] A. Husain, "Penempaan," vol. 1, p. 4, 2021, [Online]. Available: <https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/metal-forging/>
- [24] D. Aji, D. I. Sumarno, and Triyono, "Analisis Akar Masalah Kegagalan Cacat Retak (Crack) Pada Proses Pembentukan Tempa Dingin (Cold Forming) Mur

- M14,” J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2019, doi: 10.52005/rekayasa.v6i1.77.
- [25] W. Goris, “Proses Manufaktur Metal Forming,” Mechaworld Dunia Tek. Mesin, vol. 1, 2017.
- [26] A. S. Umartono, “Pengaruh Pengerjaan Dingin (Cold Working) Pada Baja Tahan Karat Jenis Austenitik (Austenitic Stainless Steel) Type 304,” J. Ilmuan dan Terap. Tek., vol. 1, no. 1, pp. 65–86, 2012.
- [27] A. Syarief, “Analisa Kekerasan Pisau Potong (Parang) Pada Proses Penempaan (Forging),” Info- Teknik, vol. 9, no. 2, pp. 117–124, 2008.
- [28] A. Herdiana, “Pengertian Metal Forming,” vol. 1, p. 12, 2024, [Online]. Available: <https://www.coursehero.com/file/71640963/Pengertian-Metal-Formingpdf/>
- [29] I. Nugraha, “Proses Metal Forming Dalam Pengolahan Sheet Metal,” 2021. <https://kreasimudaindonesia.com/pahami-proses-metal-forming-dalam-pengolahan-sheet-metal/> (accessed Jul. 25, 2024).
- [30] D. Priadi, I. Setyadi, and E. S. Siradj, “Pengaruh Kecepatan Dan Temperatur Uji Tarik Terhadap Sifat Mekanik Baja S48C,” MAKARA Technol. Ser., vol. 7, no. 1, pp. 21–26, 2010, doi: 10.7454/mst.v7i1.137.