

PENGARUH DERAJAT DEFORMASI TERHADAP EVOLUSI STRUKTUR MIKRO DAN NILAI KEKERASAN LADAM DAN PAKU KUDA AKIBAT PROSES *FORGING*

Muki Satya Permana, Gatot Santoso, Bambang Heru dan Firman Ridwan

Program Studi Teknik Mesin – Fakultas Teknik – Universitas Pasundan

Jl. Setiabudi No. 193 Bandung, (022) 2019352/(022) 2019329

e-mail: mkpermana@yahoo.com

Abstract: *This paper presents the results of advanced work as a continuation of previous observations about the identification of material and process of the horseshoe fabrication for racehorses as published in the “Jurnal Poros Vol. 15 No. 2, November 2017”. This further research is more focused on the evolution of microstructure and the value of hardness as a function of deformation degree variations of the forging process for horseshoes and horse nails. This is performed to investigate how much degree of deformation can produce form, type and phase distribution on the microstructure and the value of hardness that are relevant to the characteristics of imported products. Through this stage, the material characteristics of imported products can be approached and obtained from the local products. Thus, the quality of horseshoes and horse nails similar to imported products are expected to be able to fabricate in the local SME (Small Medium Enterprise). From the microstructure aspect, there are differences in grain shapes for Local, Australian and Swedish products because the grain forms fabricated in Sweden and Australia are more elongated than local products. This represents that the value of hardness is higher than local products except products fabricated in Australia. Local product nails have better grain because they are more equiaxial and have finer grains so that they have a high hardness value and better toughness compared to imported products. Local horseshoe show a much lower value of hardness compared to imported products. There is a peculiarity in the horseshoe because the hardness value decreases when the degree of deformation increases that is from the percentage of the work process 20% to 80%. From the microstructure of the horseshoe, the increasing deformation degree of the work process percentage 20% to 80%, the grain size is coarser and the grain size is smoother back when the percentage of the work process reaches 100%. This is proven when the percentage of the work process reaches 100%, the value of hardness increases to 147 VHN.*

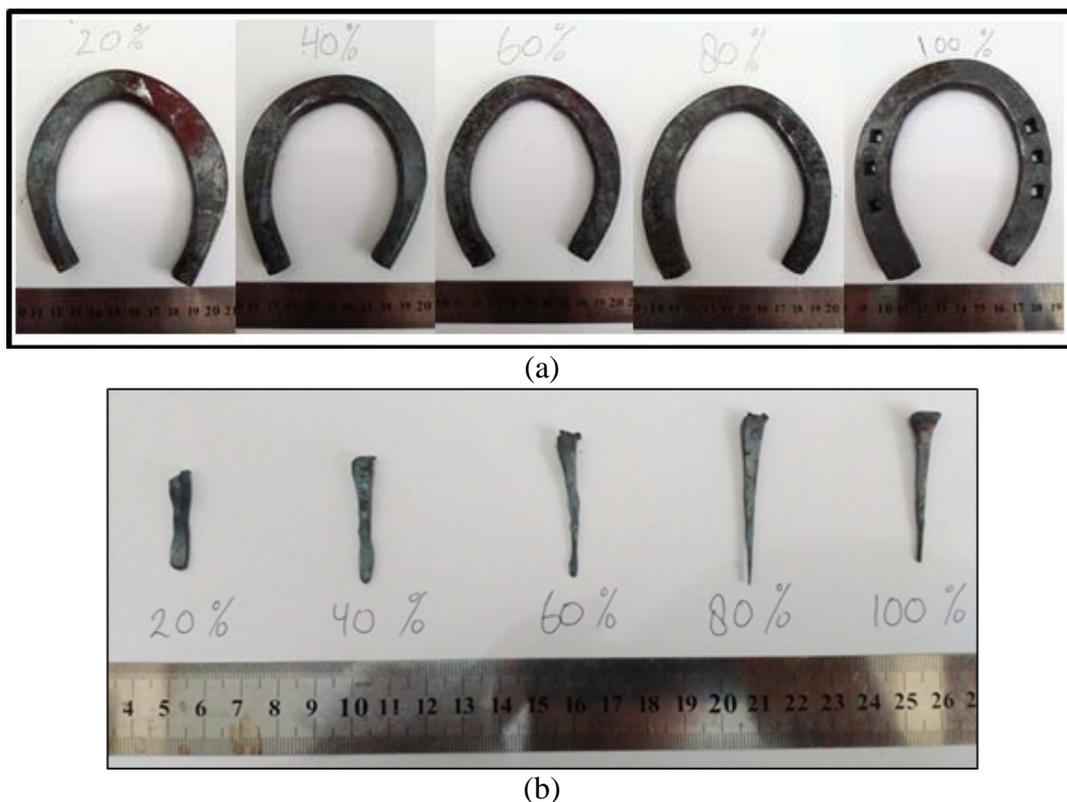
Keywords: *Deformation degree, forging, value of hardness, microstructure, phase.*

PENDAHULUAN

Hasil penelitian yang disajikan di dalam makalah ini merupakan penelitian lanjutan dari hasil penelitian sebelumnya yaitu tentang identifikasi material dan proses manufaktur ladam untuk kuda pacu [1]. Hasil penelitian sebelumnya telah berhasil mengidentifikasi karakteristik material produk lokal maupun impor. Beberapa hasil penelitian tersebut adalah bahwa Ladam lokal termasuk kedalam kategori baja karbon rendah ST-37 dengan kadar karbon yang relatif lebih rendah yaitu setengah kali ladam lokal. Produk impor telah mengalami proses pemanasan pada temperatur austenitasi yang cukup tinggi dan waktu yang cukup lama kemudian dilakukan deformasi plastis. Dari hasil pengamatan metalografi, bentuk butir pada struktur mikro produk Impor lebih memanjang (*elongated grains*) dibandingkan dengan produk lokal. Hal ini menunjukkan bahwa ladam produk impor telah mengalami deformasi plastis (*forging*) dengan derajat deformasi yang lebih besar dibandingkan dengan produk lokal. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa komposisi kimia produk ladam lokal dan impor berturut-turut adalah 0,17% dan 0,087%. terlihat bahwa sekalipun kadar karbon produk impor lebih rendah namun dapat menghasilkan nilai kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan produk lokal. Hal ini yang akan dijadikan dasar mengapa penelitian lanjutan perlu dilakukan. Parameter utama yang akan dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah derajat deformasi. Sejumlah eksperimen dilakukan untuk menentukan seberapa besar nilai kekerasan masing-masing tahapan terhadap derajat deformasi. Apabila hal ini telah diperoleh maka hasil tersebut dapat dibandingkan dengan produk impor. Penelitian lanjutan ini akan lebih ditekankan pada pengembangan metode proses manufaktur material Ladam dan Paku kuda pacu. Hasil pengembangan proses tersebut kemudian akan digunakan untuk menentukan parameter proses manufaktur ladam dan paku terutama dalam hal derajat deformasi proses *forging*.

METODE PENELITIAN

Pertama kali disiapkan dua buah material berbentuk silindris berdiameter 12 mm dan 6 mm, masing-masing untuk ladam dan paku kuda. Kemudian, kedua material tersebut dipanaskan hingga berwarna merah dan diforging sehingga membentuk ladam dan paku, sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Selanjutnya untuk setiap tahap proses pengerjaan, setiap material dipotong untuk dilakukan pengamatan metalografi dan pengujian kekerasan. Pengamatan dan pengujian yang sama dilakukan pula untuk paku produk impor dari Swedia dan Australia. Pengamatan metalografi dimulai dengan cara memegang setiap spesimen dengan menggunakan *resin mounting*. Selanjutnya, spesimen diampelas dengan menggunakan *grinding machine* dengan mesh grid ampelas berturut-turut adalah 80, 120, 240, 400, 600, 800, 1200, 1600, 2000. Setelah pengampelasan, proses berikutnya adalah pemolesan spesimen dengan menggunakan kain beludru (*polishing*) yang dihaluskan dengan bantuan cairan Pasta Alumina 0.1 mikron. Proses terakhir adalah etsa spesimen dengan menggunakan cairan Nital 3%. Hingga kondisi terakhir ini, spesimen siap untuk dilihat di bawah mikroskop optik cahaya/LOM (*Light Optical Microscope*). Pengujian selanjutnya adalah pemeriksaan komposisi kimia material ladam dengan menggunakan teknik spektroskopi OES (*Optical Emission Spectroscopy*) yang dilanjutkan dengan melakukan pengujian kekerasan. Pemeriksaan komposisi kimia paku dilakukan dengan menggunakan SEM Hitachi SU3500 With EDAX Octane Pro. Tahapan langkah di atas digambarkan secara skematis dengan menggunakan diagram alir seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Prosentase tahapan proses pembuatan untuk (a). Ladam kuda, (b). Paku kuda

PENGUMPULAN DATA DAN ANALISIS

Pengujian komposisi kimia paku lokal dan impor (Australia & Swedia) dilakukan dengan menggunakan SEM/EDAX (EDS) dan hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Dilihat dari sisi kadar karbon, baik produk lokal maupun produk impor memiliki harga yang relatif sama walaupun produk Swedia memiliki nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini menunjukkan terdapat korelasi yang relevan diantara ketiga material uji

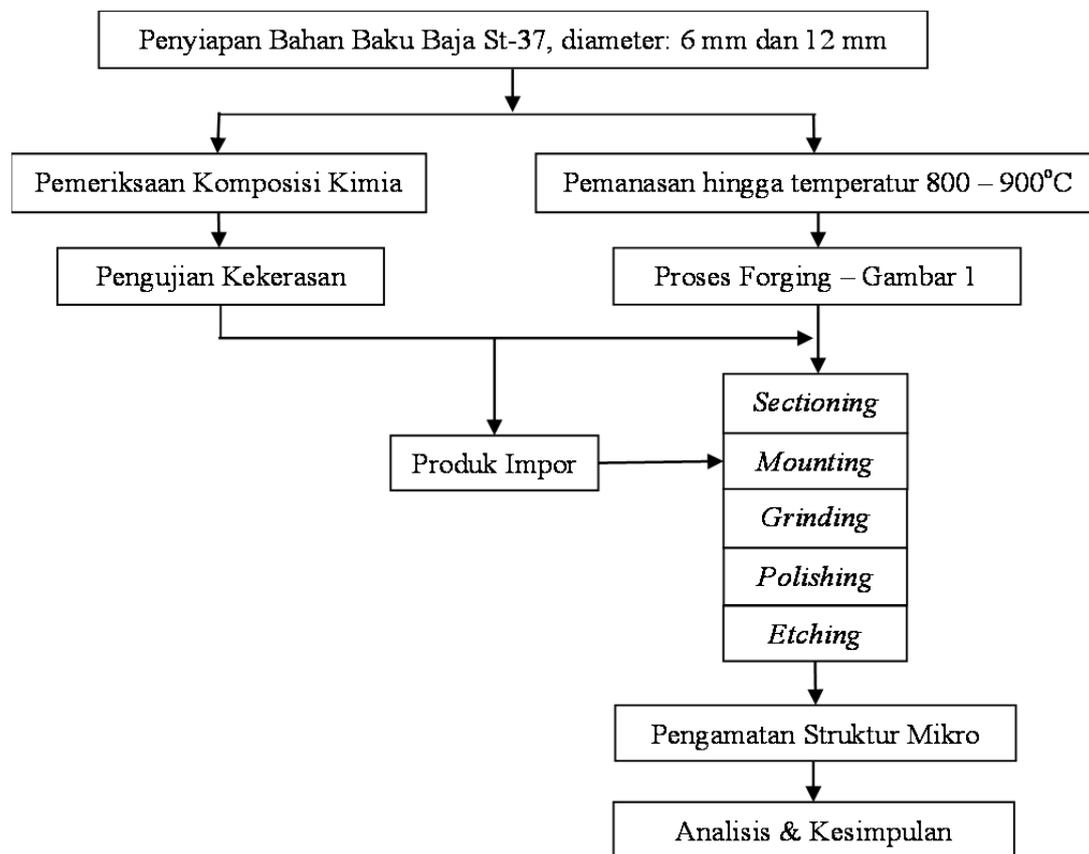
tersebut. Hasil pengujian kekerasan untuk berbagai material paku pada derajat deformasi yang berbeda-beda ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi kima hasil EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*)

| No | Unsur | Weight % | | |
|----|----------------|----------|-----------|--------|
| | | Lokal | Australia | Swedia |
| 1 | Carbon (C) | 0,17 | 0,20 | 0,23 |
| 2 | Silikon (Si) | 0,23 | 0,29 | 0,28 |
| 3 | Sulfur (S) | 0,09 | 0,09 | 0,08 |
| 4 | Phosphorus (P) | 0,03 | 0,13 | 0,10 |
| 5 | Manganese (Mn) | 0,51 | 0,85 | 0,60 |

Tabel 2. Perbandingan nilai kekerasan paku kuda (Lokal, Swedia, dan Australia)

| No. | Proses Pengerjaan (%) | Tebal Awal (mm) | Tebal Akhir (mm) | Nilai Kekerasan (VHN) | | |
|-----|-----------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-----------|--------|
| | | | | Lokal | Australia | Swedia |
| 1 | 0 | | 6 | 173 | - | - |
| 2 | 20 | | 2,6 | 148 | - | - |
| 3 | 40 | 6 | 2,5 | 150 | - | - |
| 4 | 60 | | 2,4 | 148 | - | - |
| 5 | 80 | | 2,2 | 154 | - | - |
| 6 | 100 | | 2,1 | 167 | 166 | 175 |

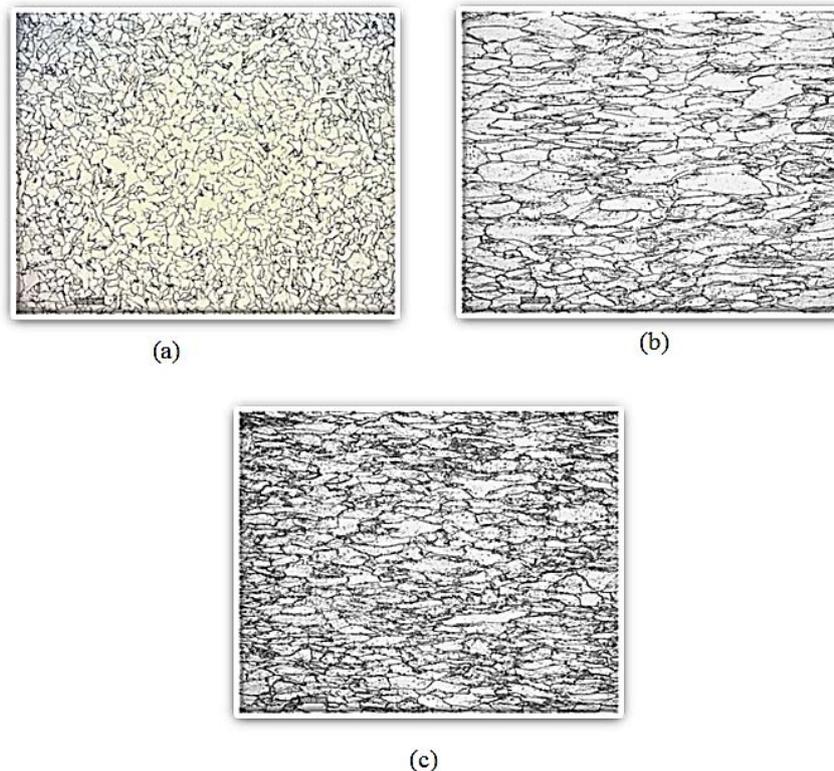


Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan dan pengujian Ladam/Paku kuda

Dari Tabel 2 terlihat bahwa harga kekerasan produk lokal sudah mencapai nilai yang sama dengan produk paku Australia. Namun demikian, paku buatan Swedia menunjukkan nilai kekerasan yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena kadar karbon produk Swedia relatif lebih tinggi

dibandingkan dengan yang lain. Dari hasil perbandingan nilai kekerasan di atas dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan paku lokal dapat dianggap baik dan dapat digunakan untuk kuda pacu.

Dari hasil pengamatan metalografi, terdapat perbedaan bentuk butir untuk produk Lokal, Australia, dan Swedia. Perbedaan tersebut diperlihatkan pada Gambar 3. Bentuk butir buatan Swedia dan Australia lebih memanjang dibandingkan dengan produk lokal. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan produk lokal kecuali produk buatan Australia. Sebenarnya paku produk lokal memiliki butir yang lebih baik karena lebih equiaxial dan memiliki butir yang lebih halus sehingga memiliki nilai kekerasan yang cukup tinggi dan dengan ketangguhan yang lebih baik.



Gambar 3. Perbandingan struktur mikro (a). Lokal, (b). Swedia, (c). Australia
(Fasa berwarna putih = Ferit, Fasa berwarna hitam = Perlit)

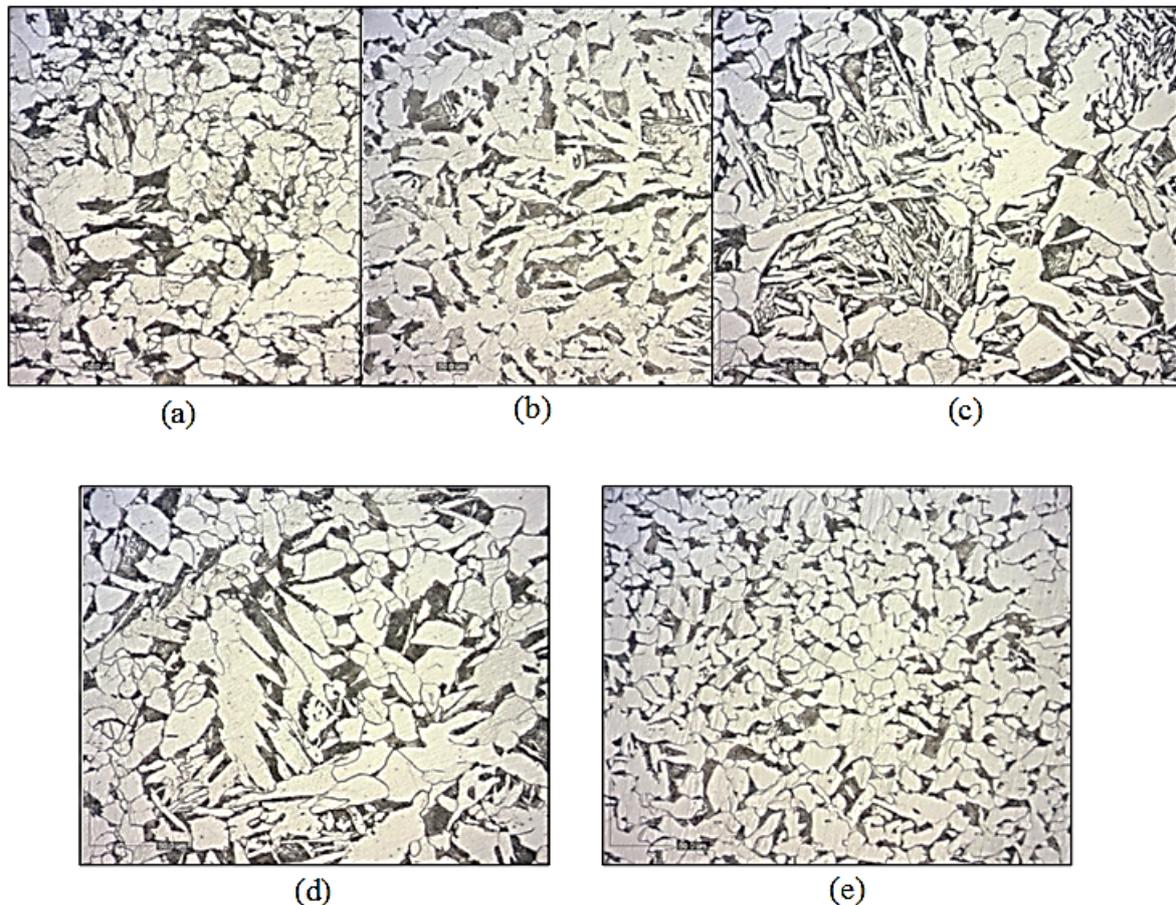
Berbeda dengan paku, produk ladam lokal menunjukkan nilai kekerasan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan produk impor (Tabel 3). Dilihat dari tabel tersebut terdapat keanehan karena nilai kekerasan menurun saat derajat deformasi meningkat yaitu dari prosentasi proses pengerjaan 20% hingga ke 80%.

Tabel 3. Perbandingan nilai kekerasan ladam kuda Lokal dengan Impor (Australia)

| No. | Proses Pengerjaan (%) | Tebal Awal (mm) | Tebal Akhir (mm) | Nilai Kekerasan (VHN) | |
|-----|-----------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-----------|
| | | | | Lokal | Australia |
| 1 | 20 | | 8 | 154 | |
| 2 | 40 | | 6 | 142 | |
| 3 | 60 | 12 | 5,5 | 142 | |
| 4 | 80 | | 5 | 129 | |
| 5 | 100 | | 4,8 | 147 | 175 |

Dilihat dari struktur mikro ternyata dengan meningkatnya derajat deformasi dari prosentasi proses pengerjaan 20% hingga ke 80%, ukuran butir semakin kasar (lihat Gambar 4). Ukuran butir kembali halus saat prosentase proses pengerjaan mencapai 100%. Hal ini terbukti dari Tabel 3

bahwa nilai kekerasan pada prosentase proses pengerjaan mencapai 100% naik kembali menjadi 147 VHN.



Gambar 4. Evolusi struktur mikro ladam pada prosentase proses pengerjaan mencapai dari (a). 20% hingga 80% (e). 100%.
(Fasa berwarna putih = Ferit, Fasa berwarna hitam = Perlit)

SIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil penelitian ini adalah: 1). Kadar karbon produk paku lokal maupun produk impor memiliki harga yang relatif sama walaupun produk Swedia memiliki nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini menunjukkan terdapat korelasi yang relevan diantara ketiga material uji tersebut, 2). Dari struktur mikro, terdapat perbedaan bentuk butir untuk produk Lokal, Australia, dan Swedia karena bentuk butir buatan Swedia dan Australia lebih memanjang dibandingkan dengan produk lokal. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan produk lokal kecuali produk buatan Australia. 3). Paku produk lokal memiliki butir yang lebih baik karena lebih equiaxial dan memiliki butir yang lebih halus sehingga memiliki nilai kekerasan yang cukup tinggi dan dengan ketangguhan yang lebih baik dibandingkan dengan produk impor, 4). Produk ladam lokal menunjukkan nilai kekerasan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan produk impor, 5) Terdapat keanehan pada ladam karena nilai kekerasan menurun saat derajat deformasi meningkat yaitu dari prosentasi proses pengerjaan 20% hingga ke 80%, 6). Dari struktur mikro ladam, dengan meningkatnya derajat deformasi dari prosentasi proses pengerjaan 20% hingga ke 80%, ukuran butir semakin kasar dan ukuran butir kembali halus saat prosentase proses pengerjaan mencapai 100%, 7). Poin 6 terbukti bahwa pada prosentase proses pengerjaan mencapai 100%, nilai kekerasan meningkat kembali menjadi 147 VHN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Dirjen Pendidikan Tinggi melalui Penelitian Produk Terapan tahun 2018 yang telah memberikan bantuan dana bagi terlaksananya penelitian ini. Sejujurnya disampaikan pula bahwa kelancaran berlangsungnya penelitian ini berkat perhatian tulus sejumlah pribadi yang amat antusias dalam pencapaian tujuan penelitian mengenai substitusi produk impor ladam dan paku untuk kuda pacu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Muki Satya Permana, Gatot Santoso dan Bambang Heru, (2017), "Identifikasi Material dan Proses Perlakuan Panas Ladam Untuk Kuda Pacu", Jurnal Poros Vol. 15 No. 2, November 2017, <http://journal.untar.ac.id/index.php/poros/article/view/1270/810>.
- [2]. W. M. E. Wattimena, Jandri Louhenapessy (2014). Pengaruh Holding Time Dan Quenching Terhadap Kekerasan Baja Karbon St 37 Pada Proses Pack Carburizing Menggunakan Arang Batok Biji Pala (*Myristica Fagrans*). Jurnal Ilmu-ilmu Teknik dan Sains, Vol. 11 No. 1, April 2014
- [3]. Dieter G.E., 2012, Engineering Design, McGraw-Hill Science/Engineering/Math.