

PERHITUNGAN BEBAN DINAMIK PADA PEMBUATAN PAKU KUDA DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Gatot Santoso, Muki Satya Permana, Bambang Heru Purwanto
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan
Jl. Setiabudi No. 193 Bandung, (022) 2019352/(022) 2019329
e-mail: gatot.santoso@unpas.ac.id

Abstrak

Makalah ini memaparkan tentang bagaimana melakukan perhitungan beban dinamik Hammer pada pembuatan paku kuda dengan menggunakan Metode Elemen Hingga Non-linear Dynamic Simulation. Tujuan utama pada penelitian ini adalah untuk mengestimasi besarnya kecepatan hammer agar batang kawat berdiameter 6 mm terdeformasi plastis sehingga menjadi paku kuda pacu yang memenuhi standar. Data kecepatan dari hasil simulasi ini akan digunakan pada penelitian lanjutan sebagai acuan dalam menentukan kecepatan bentur hammer terhadap permukaan cetakan logam saat pembuatan paku. Beban bentur yang akan digunakan selama proses forging adalah hasil dari gerakan batang pada suatu mesin dengan mekanisme gerak tertentu. Material yang dipilih adalah baja karbon rendah, setara dengan St-37. Jumlah pukulan terhadap material dengan diameter tersebut di atas adalah sebanyak 5 kali pada temperatur kerja sekitar 750°C dan diameter akhir rata-rata yang dihasilkan adalah 2 mm. Dari hasil pemodelan diperoleh kecepatan hammer menumbuk batang kawat yaitu sebesar 8 m/detik untuk massa hammer sebesar 750 gram. Penelitian ini dilakukan untuk mengimbangi kualitas produk impor yang jauh lebih baik dibandingkan dengan paku kuda pacu produk lokal. Kualitas paku kuda pacu yang dimaksud adalah karakteristik material, kualitas bentuk, kualitas dimensi, dan kualitas permukaan. Untuk memenuhi beberapa kriteria di atas, maka perlu dikembangkan suatu cetakan logam atau Dies dengan toleransi dimensi yang cukup sempit. Dengan demikian, maka repeatability produk paku dengan bentuk yang konsisten secara berulang dapat dipertahankan sesuai dengan standar.

Kata kunci: *Paku kuda pacu, karakteristik material, kualitas bentuk, dimensi dan kualitas permukaan, beban bentur, non-linear dynamic simulation.*

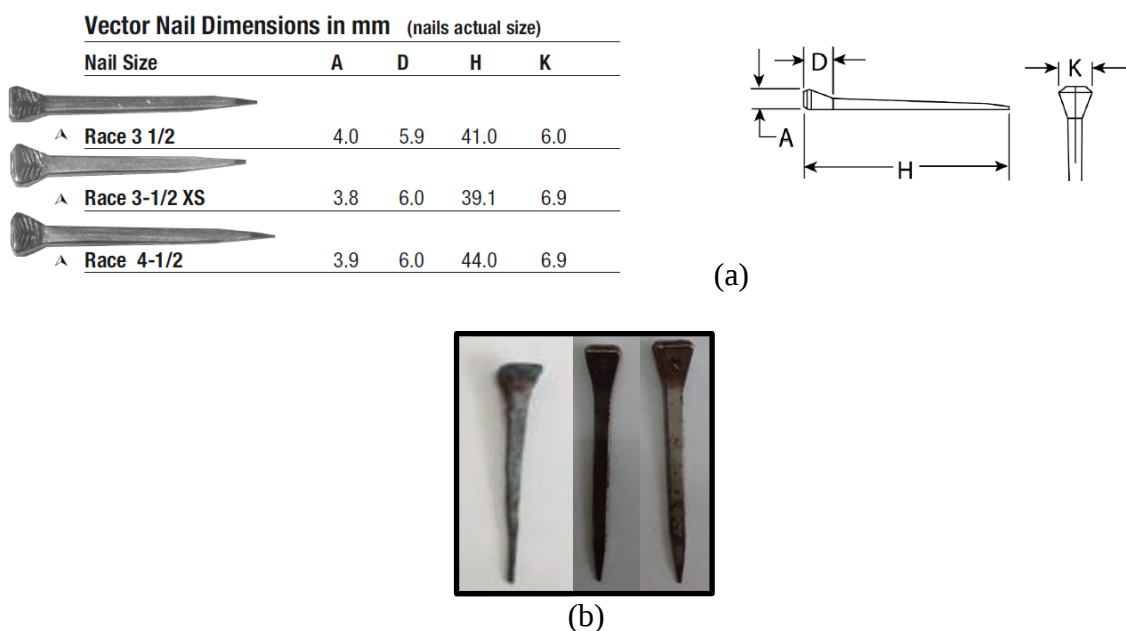
PENDAHULUAN

Hasil penelitian terdahulu mengenai perbandingan karakteristik material paku kuda pacu buatan lokal dan impor telah dimuat di dalam Jurnal Poros Vol. 15 No. 2, November 2017. Pada tahun ini telah dihasilkan pula hasil penelitian terbaru mengenai pengaruh derajat deformasi terhadap evolusi struktur mikro dan nilai kekerasan ladam dan paku kuda yang mengalami proses *forging*. Hasil ini telah memberikan kontribusi yang cukup besar bagi para pengrajin paku kuda di Indonesia. Hasil penelitian terbaru menyatakan bahwa kadar karbon produk paku lokal maupun produk impor memiliki harga yang relatif sama walaupun produk Swedia memiliki nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan produk Australia. Hal ini menunjukkan adanya kemiripan karakteristik material dari ketiga material uji tersebut (Lokal, Swedia, dan Australia). Namun demikian, nilai kekerasan produk Swedia lebih tinggi dibandingkan dengan produk lokal dan Australia. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa paku 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 austenisasi yang cukup tinggi dan waktu yang cukup lama kemudian dilakukan deformasi plastis. Nilai kekerasan paku produk impor lebih tinggi dibandingkan dengan produk lokal. Dari hasil pengamatan metalografi, bentuk butir pada struktur mikro produk Impor lebih memanjang (*elongated grains*) dibandingkan dengan produk lokal. Hal ini menunjukkan bahwa paku produk impor telah mengalami deformasi plastis (*forging*) dengan derajat deformasi yang lebih besar

dibandingkan dengan produk lokal. Hal inilah yang dijadikan dasar mengapa perhitungan estimasi kecepatan bentur hammer terhadap paku kuda perlu dilakukan. Parameter utama yang akan dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah penentuan kecepatan bentur hammer terhadap cetakan. Estimasi kecepatan bentur hammer akan dihitung dengan menggunakan metode elemen hingga *non-linear dynamic simulation*. Penentuan beban dilakukan dengan cara menghitung kecepatan bentur *hammer* pada batang kawat sehingga tegangan kerja yang dihasilkan mencapai atau melampaui *flow stress* dari material tersebut. Data beban dari hasil simulasi ini akan digunakan pada penelitian lanjutan sebagai acuan kecepatan bentur *hammer* terhadap permukaan cetakan logam saat pembuatan paku. Beban bentur yang akan digunakan selama proses *forging* adalah hasil dari gerakan batang-batang pada suatu mesin dengan mekanisme gerak tertentu.

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Gambar 1 menunjukkan perbandingan paku kuda impor dengan lokal. Dari gambar tersebut terdapat perbedaan kualitas bentuk dan permukaan yang sangat signifikan. Dengan demikian penggunaan cetakan logam sangat diperlukan untuk pembuatan paku kuda.

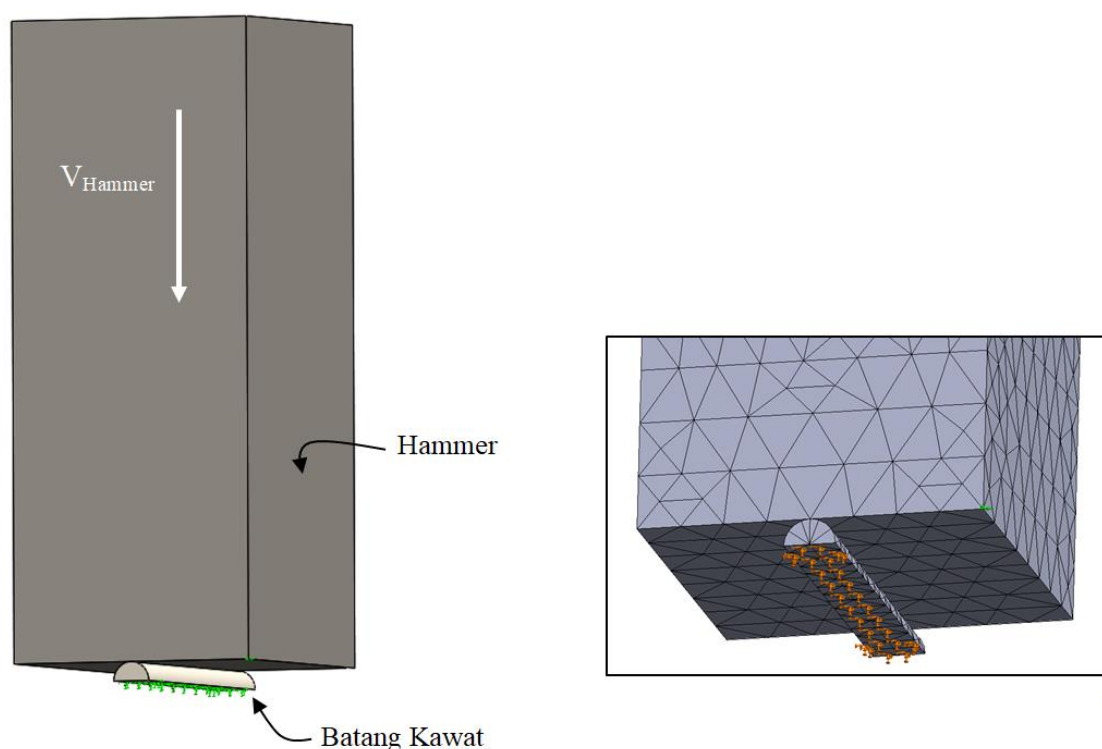


Gambar 1. Gambar dan foto paku kuda. (a). Ukuran paku standar, (b). Foto paku kuda produk lokal (kiri) dan produk impor (tengah dan kanan)

Pendekatan pemecahan masalah pada penelitian ini pertama-tama adalah dengan cara melakukan eksperimen *forging* pada batang kawat sehingga diperoleh paku sebagaimana terlihat pada Gambar 1b – foto paling kiri. Pada awalnya batang kawat bertemperatur 750°C dan berdiameter 6 mm dipukul dengan *hammer* hingga mencapai diameter rata-rata sebesar 2 mm. Jumlah pukulan *hammer* dilakukan sebanyak lima kali sehingga nilai deformasi rata-rata untuk setiap pukulan adalah sebesar 0.30 mm. Kelima tahapan pembuatan paku kuda tersebut ditunjukkan pada Gambar 2. Selanjutnya, proses *forging* disimulasikan dengan menggunakan metode elemen hingga melalui pendekatan *non-linear dynamic simulation*. Dari hasil simulasi diperoleh besarnya kecepatan bentur *hammer* pada saat tegangan kerja telah mencapai atau melampaui *flow stress* dari material tersebut. Data *flow stress* material baja karbon rendah pada temperatur 750°C dianggap setara dengan ASTM A161 dengan harga *tensile strength* sebesar 70 MPa (API 530 Standard, Annex E, Stress Curve).



Gambar 2. Prosentase tahapan proses pembuatan Paku kuda

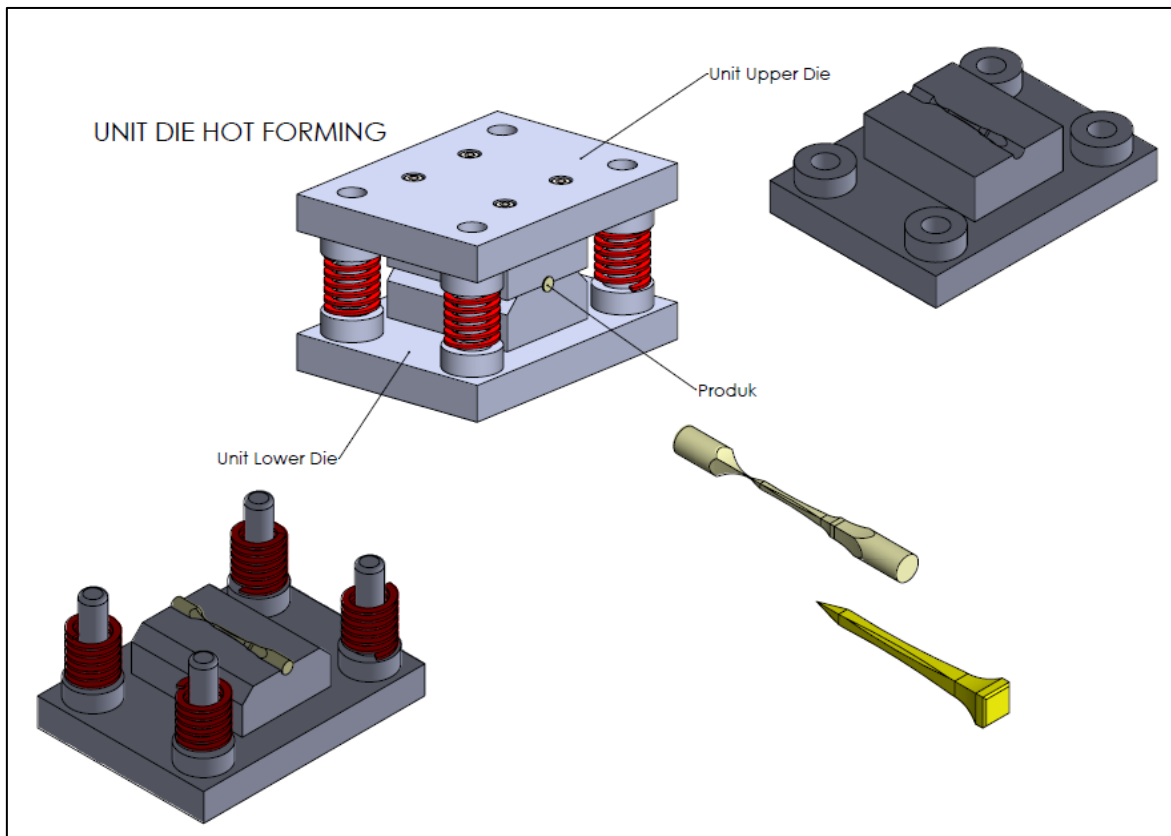


Gambar 3. Model geometri dan meshing untuk Batang Kawat (6 mm diameter) & Hammer (30 X 30 X 60 mm)

PENGUMPULAN DATA DAN ANALISIS

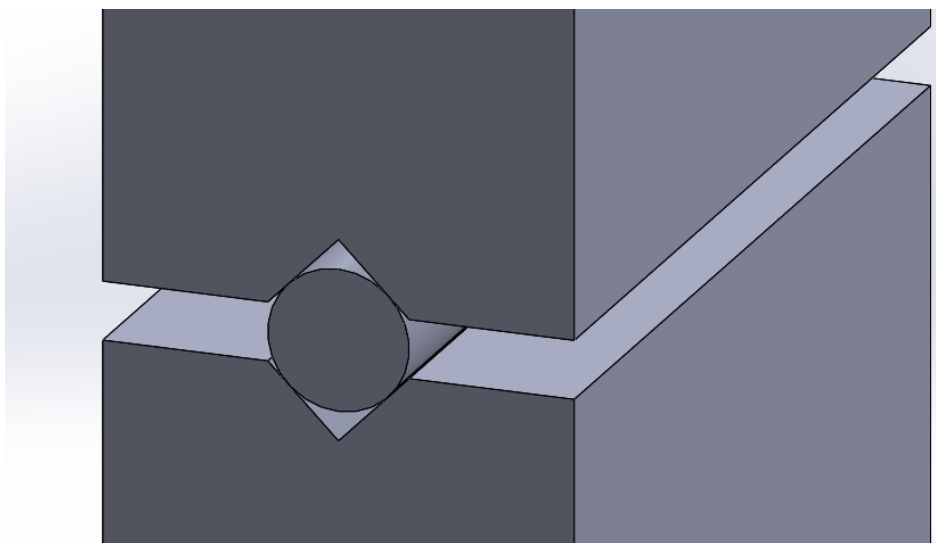
Model geometri dan *meshing* untuk paku dan *hammer* saat proses *forging* ditunjukkan pada Gambar 3. Kontur tegangan hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 6a. Kontur deformasi pada batang kawat ditunjukkan pada Gambar 6b. Nilai tegangan kerja terbesar terdapat pada batang kawat dimana saat pukulan *hammer* yang pertama adalah sebesar 90 MPa. *Displacement* pada simulasi pukulan yang pertama ini adalah sebesar 0.30 mm. Hal ini sesuai dengan hasil eksperimen bahwa deformasi pada pukulan pertama yang diharapkan telah tercapai. Dengan demikian, maka pada kecepatan bentur *hammer* sebesar 8 m/s, maka nilai tegangan kerja dan deformasi pada batang kawat berturut-turut adalah sebesar 90 MPa dan 0.30 mm.

Rancangan cetakan paku diperlihatkan pada Gambar 4. Cetakan bagian atas adalah bagian yang akan terkena pukulan *hammer* sedangkan cetakan bagian bawah adalah bagian yang diam. Batang berdiameter 6 mm diletakkan di antara kedua cetakan. Dari gambar tersebut terlihat ilustrasi hasil pembuatan paku kuda.



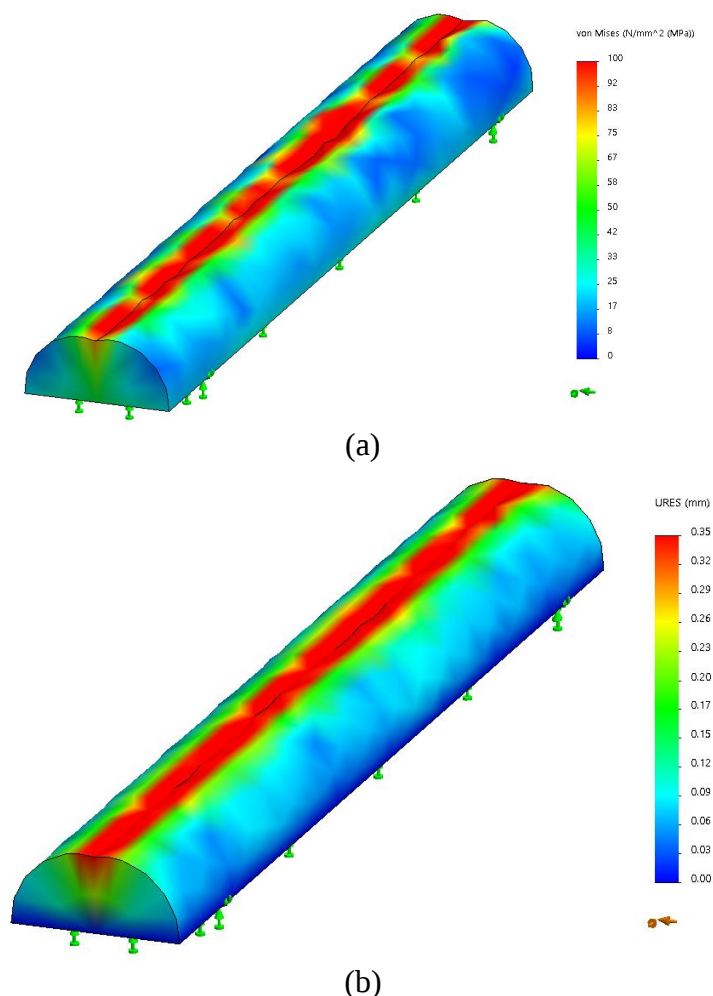
Gambar 4. Rancangan cetakan logam untuk pembuatan paku kuda

Tampilan detail batang kawat pada cetakan ditunjukkan pada Gambar 5. Dari gambar tersebut terlihat bahwa permukaan kontak antara batang kawat dengan cetakan bagian atas menjadi dua buah bagian. Oleh karena itu, maka kecepatan *hammer* pada mesin harus ditingkatkan menjadi satu setengah kalinya. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa besarnya usaha yang diperlukan untuk batang kawat terdeformasi plastis adalah setara dengan besarnya energi kinetik dari pergerakan *hammer* saat proses *forging* dilakukan.



Gambar 5. Permukaan kontak antara cetakan dengan batang kawat

Dari hasil pemodelan dengan geometri seperti pada Gambar 3, diperoleh besarnya tegangan dan deformasi plastis pada batang kawat berturut-turut adalah sebesar 90 MPa dan 0.30 mm. Hasil ini bertepatan dengan kecepatan hammer sebesar 8 m/s.



Gambar 6. Kontur tegangan (a), dan deformasi (c) hasil simulasi

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dilakukan pemodelan *Non-linear Dynamic Simulation* untuk sistem bentur *hammer* terhadap batang kawat berdiameter 6 mm.
2. Kecepatan bentur *hammer* pada batang kawat hasil simulasi untuk menghasilkan deformasi plastis sebesar 0.30 mm dan mencapai *flow stress* material dan pada temperatur 750°C adalah sebesar 8 m/s.
3. Data ini akan digunakan sebagai dasar dalam perancangan mekanisme penggerak *hammer* pada mesin *forging* yang akan dilakukan pada penelitian yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Ditjen 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 tentang 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.
- [4]. API Standard 530, Calculation of Heater-Tube Thickness in Petroleum Refineries, Annex-E, Stress Curve, 2004, 5th Ed.
- [5]. K. Osakada T., Kawasaki K., Mori N. Taniguchi, A Method of Determining Flow Stress under Forming Conditions, Elsevier, CIRP Annals Volume 30, Issue 1, 1981, Pages 135-138.