



# MODIFIKASI SISTEM PENEKAN DAN TRANSMISI KOPLING KONIS PADA MESIN PENUMBUK DAGING UNTUK PRODUKSI RENDANG SUIR BERBASIS MEKANISME VERTIKAL

Riki Rahman<sup>a\*</sup>, Junaidi<sup>a\*</sup>, Mulyadi<sup>a</sup>, Ridwan<sup>a</sup>, Syafira Salsabila<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang, Jl. Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25164, Indonesia

<sup>b</sup>Program Studi Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang, Jl. Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25164, Indonesia

\*Corresponding authors: [rikirahman@pnp.ac.id](mailto:rikirahman@pnp.ac.id) ; [junaidisyampoltek@gmail.com](mailto:junaidisyampoltek@gmail.com)

## INFO ARTIKEL

### Riwayat artikel:

Diajukan pada 12 Desember 2025

Direvisi pada 13 Februari 2026

Disetujui pada 26 Juni 2026

Tersedia daring pada 30 Juni 2026

### Kata kunci:

Mesin penumbuk daging, rendang suir, kopling konis, mekanisme palu, UMKM

### Keywords:

Meat tenderizer machine, Shredded rendang, Conical clutch, Hammer mechanism, Small and Medium Enterprises (SME's)

## ABSTRAK

Rendang merupakan salah satu warisan kuliner Sumatera Barat yang diakui secara internasional sehingga mampu masuk dalam kategori *World's 50 Best Foods*. Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan modifikasi mesin penumbuk daging rendang melalui dua perbaikan utama: (1) perancangan ulang sistem kopling konis melalui penambahan kampas rem pada kopling jantan dan penyesuaian sudut konis untuk menghilangkan slip dan menstabilkan transmisi torsi, serta (2) penerapan sistem penekan berbasis pegas pengatur tekanan untuk meredam energi tumbukan berlebih sehingga serat daging tidak mengalami fragmentasi. Stabilitas transmisi dievaluasi melalui pengukuran fluktuasi RPM poros menggunakan *tachometer* digital selama 60 detik. Kualitas serat daging dievaluasi menggunakan pengukuran panjang serat secara visual dan pengukuran langsung menggunakan mistar digital. Pengujian dilakukan menggunakan daging rendang matang sebanyak  $\pm 2$  kg per *batch*. Berdasarkan dari hasil modifikasi mesin memiliki dimensi  $80 \times 60 \times 80$  cm, sementara pada sistem kopling pada kopling jantan  $\varnothing 10 \times 7,5$  cm dilapisi kampas serat 1 cm dan kopling betina  $\varnothing 10 \times 5$  cm. Lebih lanjut, hasil pengujian menunjukkan putaran poros stabil pada  $\pm 1100$ - $1140$  RPM tanpa slip signifikan. Analisis energi menunjukkan pegas dengan konstanta  $1100$ - $1300$  N/m mampu menyerap  $59$ - $73\%$  energi dampak sehingga energi efektif ke daging berada pada rentang aman  $0,4$ - $0,6$  J. Modifikasi ini menghasilkan serat panjang  $26$ - $40$  mm tanpa fragmentasi, serta peningkatan kapasitas produksi menjadi  $\pm 30$  kg/jam, jauh dibandingkan dengan proses manual. Dengan demikian, mesin ini terbukti mampu meningkatkan efektivitas penumbukan, menjaga serat daging, serta meningkatkan kapasitas produksi rendang suir secara signifikan.

## ABSTRACT

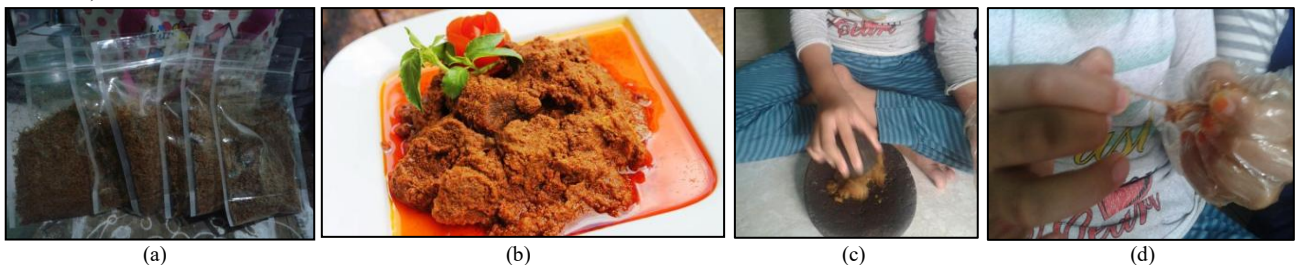
*Rendang is a traditional culinary heritage of West Sumatra that is internationally recognized and has been included in the category of World's 50 Best Foods. This study aimed to develop and modify a meat pounding machine through two major improvements: (1) redesigning the conical clutch transmission by adding a friction lining to the male clutch and adjusting the cone angle to eliminate slip and stabilize torque transmission, and (2) implementing a spring-based pressure control system to regulate impact energy and prevent fiber fragmentation. Transmission stability was evaluated by measuring shaft RPM fluctuations using a digital tachometer for 60 seconds, while fiber quality was analyzed through visual observation and direct measurement using a digital ruler. Testing was conducted using approximately 2 kg of cooked rendang per batch. The modified machine had dimensions of  $80 \times 60 \times 80$  cm and consisted of a  $\varnothing 3$  cm pounding rod and a clutch system lined with 1 cm friction material. The results showed that the shaft rotation stabilized at approximately  $1100$ - $1140$  RPM without significant slip. The spring constant of  $1100$ - $1300$  N/m absorbed  $59$ - $73\%$  of the impact energy, resulting in an effective energy range of  $0,4$ - $0,6$  J delivered to the meat. The modification produced fiber lengths of  $26$ - $40$  mm without fragmentation and increased production capacity to approximately  $30$  kg/h, which was far significantly compared to manual process. Therefore, the modified machine demonstrated improved pounding effectiveness, maintained meat fiber quality, and significantly increased shredded rendang production capacity.*

## 1. PENGANTAR

Sumatera Barat dikenal sebagai daerah dengan warisan yang kaya kuliner, salah satunya adalah rendang yang telah diakui secara internasional sebagai instrumen diplomasi kuliner (*gastrodiplomacy*) yang berperan memperkenalkan identitas serta diplomasi budaya Indonesia (Hidayatullah dkk., 2024). Rendang tidak hanya merepresentasikan warisan kuliner, tetapi juga menjadi simbol identitas budaya Minangkabau yang terus beradaptasi terhadap kondisi lingkungan dan ekonomi lokal (Fatimah dkk., 2021). Saat ini pengembangan produk rendang telah dilakukan, salah satunya adalah rendang suir (Gambar 1a) yang di proses melalui penumbukan dan penyuiran. Produk ini memiliki daya simpan lebih baik, karakteristik serat yang khas, dan nilai ekonomi lebih tinggi dibanding rendang basah (Gambar 1b). Penelitian mengenai mutu rendang di berbagai daerah Sumatera Barat menunjukkan bahwa tekstur dan panjang serat merupakan atribut kualitas utama yang membedakan rendang antar wilayah dan memengaruhi penilaian konsumen (Yuliana dkk., 2023). Umumnya, pelaku UMKM memproduksi rendang suir meliputi pematangan daging, pemasakan menjadi rendang, penumbukan, penyuiran (Gambar 1d), pencampuran bumbu, penggorengan, dan pengemasan. Dari seluruh proses tersebut, tahap yang paling menentukan kualitas adalah proses penumbukan, karena berfungsi melemahkan jaringan otot sehingga serat dapat terpisah dengan baik tanpa terfragmentasi. Namun, para pelaku UMKM kota Padang dari hasil *survey* lapangan prosesnya masih dilakukan secara manual menggunakan batu penumbuk seperti yang terlihat pada Gambar 1c, hanya mampu menghasilkan  $\pm 0,5$  kg/jam dan sekitar 2 kg per hari pada durasi kerja 4 jam.

Keterbatasan kapasitas ini menyebabkan sulitnya memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk merancang alat pembantu penumbukan atau penyuiran daging. Oktaviandri dkk (2021) merancang *meat shredder* berbasis metode VDI 2221, akan tetapi mekanisme yang dihasilkan cenderung memotong menjadi potongan pendek, bukan menghasilkan serat panjang yang menjadi ciri khas rendang suir. Sanusi dkk. (2022) melaporkan bahwa *hammer mill* dapat digunakan untuk mengolah daging, tetapi membutuhkan optimasi transmisi dan kontrol tumbukan untuk mencegah kerusakan serat. Sementara itu, Habibi (2017) merancang mesin penumbuk berkapasitas 12 kg/jam, tetapi mengalami slip kopling konis hingga 25% dan disertai getaran tinggi melebihi 40 Hz akibat gaya sentakan palu yang tidak terkendali. Penelitian Sihombing dkk. (2023) mengembangkan mesin penyuir daging bebek menggunakan sistem transmisi puli dan berhasil meningkatkan efisiensi hingga 70%, namun belum mengakomodasi fase penumbukan awal yang memerlukan kontrol energi impact. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Kurniawan dkk. (2019) melakukan rancang bangun mesin penumbuk daging sistem vertikal mengadopsi prinsip kerja mesin tempa sistem *spring hammer* dengan motor listrik 1 HP dan kopling gesek konis, yang secara produksi mampu beroperasi dengan kapasitas 30kg/jam dibandingkan manual. Meskipun demikian, pada saat uji kinerja menunjukkan beberapa permasalahan baru: Pertama, sistem kopling konis mengalami slip berulang karena gesekan antara dua permukaan logam yang menjadi licin setelah penggunaan berulang, tentunya indikasi ini diakibatkan rendahnya koefisien gesek logam ( $\sim 0,15-0,25$ ) yang cenderung menurun akibat keausan (Engineering ToolBox., 2004). Demikian pula, studi tentang material lapisan gesekan kopling menunjukkan bahwa kontak logam-ke-logam tanpa *friction lining* mempercepat keausan dan menurunkan stabilitas transmisi torsi, sehingga meningkatkan potensi selip selama pengoperasian (Bălăsoiu dkk., 2024), karena geometri kontak permukaan sangat menentukan laju keausan dan stabilitas koefisien gesek selama operasi berulang (Bao dkk., 2021). Lebih lanjut, studi oleh Makni dkk (2022) terkait material komposit organik menyatakan bahwa komposisi material kanvas rem secara langsung menentukan koefisien gesek yang stabil, ketahanan aus, dan performa tribologi keseluruhan selama pengoperasian berulang.

Selain permasalahan transmisi torsi, aspek mekanisme tumbukan juga menjadi faktor kritis. Ketidakstabilan energi impact dan getaran berlebih pada sistem *hammer mechanism* diketahui dapat menyebabkan degradasi struktur material lunak serta inkonsistensi hasil proses, sehingga diperlukan sistem kontrol energi untuk menjaga kestabilan gaya tumbukan (Mabrouki dkk., 2023). Pada mesin penumbuk vertikal sebelumnya (Kurniawan dkk., 2019), kerusakan serat daging yang ditandai dengan fragmentasi hingga 40–60% diperoleh berdasarkan observasi visual langsung dan belum melalui analisis mikroskopis mendalam. Temuan ini mengindikasikan bahwa ketidakstabilan transmisi dan energi tumbukan berkontribusi langsung terhadap degradasi struktur serat. Di sisi lain, studi mengenai mesin penepung tipe palu (*hammer mill*) oleh Sutejo dkk. (2023) menyatakan bahwa penambahan elemen peredam mampu secara signifikan menurunkan amplitudo getaran pada peralatan mekanis. Pengembangan mesin penumbuk dan penepung berbiaya rendah dari bahan lokal yang tersedia terbukti efektif dalam memenuhi kebutuhan pengolahan pangan skala kecil (Adejugebe dkk., 2023). Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa mekanisme pegas yang dikonfigurasi secara tepat dapat memperluas rentang isolasi getaran efektif dan menurunkan frekuensi natural sistem, sehingga mampu meredam getaran berfrekuensi rendah yang umumnya muncul pada mesin impact berulang (Shi dkk., 2021).



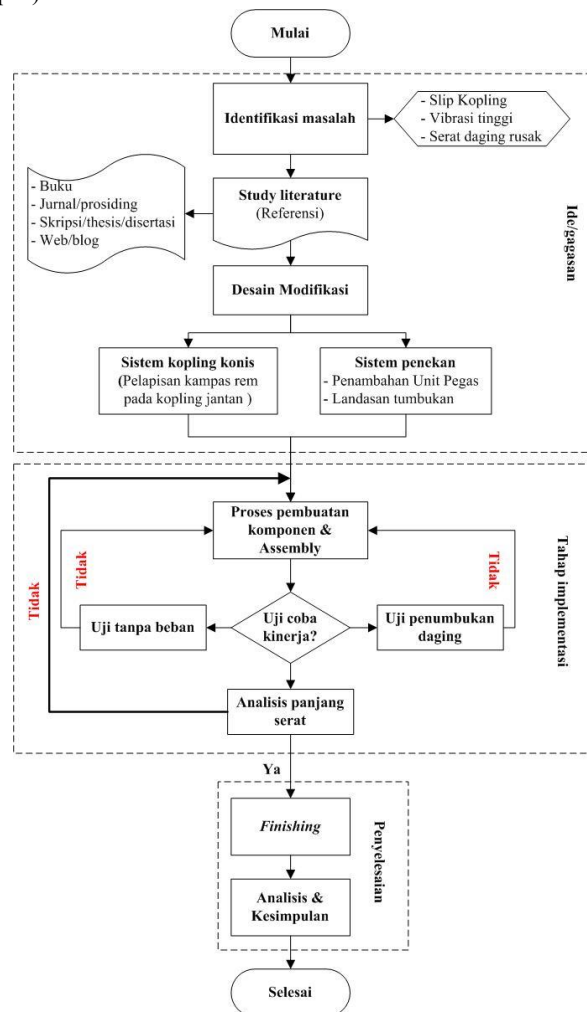
**Gambar 1:** Jenis Rendang: (a) Rendang suir kering dalam bentuk kemasan, (b) Rendang basah, yang di proses secara (c) Menumbuk manual menggunakan batu, dan (d) Penyuiran

Pada mesin tempa atau *forging hammer*, Kalpakjian dkk. (2009) menjelaskan bahwa pegas pengatur tekanan dapat meredam gaya impact hingga 70–80%, sehingga material tidak mengalami *cracking* atau kerusakan mikro. Temuan ini relevan dengan prinsip kerja penumbukan daging yang memerlukan energi impact berulang namun terkontrol agar jaringan otot mengalami deformasi plastis sebagian tanpa mengalami fragmentasi berlebihan. Berdasarkan kesenjangan tersebut, diperlukan penelitian lanjutan dari permasalahan utama pada mesin sebelumnya yang terletak pada dua aspek kritis: Pertama, ketidakstabilan transmisi torsi akibat slip kopling konis berbahan logam polos, kedua adalah tidak adanya mekanisme kontrol energi tumbukan untuk meredam sentakan palu. Oleh karena itu, penelitian ini

mengusulkan Modifikasi pada dua komponen utama: (1) Penambahan kampas gesek (*friction lining*) pada kopling konis untuk meningkatkan koefisien gesek dan menghilangkan slip, serta (2) penerapan sistem pegas pengatur tekanan untuk mengontrol dan meredam energi impact secara terukur. Dengan pendekatan ini diharapkan mampu menstabilkan putaran palu, menurunkan fluktuasi energi tumbukan, serta mempertahankan struktur serat daging agar tetap panjang dan seragam. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada modifikasi sistem penekan dan transmisi kopling konis pada mesin penumbuk daging untuk produksi rendang suir sebagai solusi berbasis kontrol energi mekanik dalam meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi.

## 2. METODE

Metode penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai proses modifikasi dan evaluasi kinerja pada mesin penumbuk daging berbasis mekanisme vertikal yang digunakan untuk produksi rendang suir. Penelitian berfokus pada perbaikan dua kelemahan utama mesin eksisting, yaitu: pertama, sistem penekan yang menghasilkan gaya sentakan tinggi. Kedua, unit kopling konis yang mengalami slip berulang dan menyebabkan fluktuasi putaran palu serta getaran yang berlebih. Adapun alur penelitian atau *flowchart* seperti yang terlihat pada Gambar 2. Pendekatan yang digunakan merupakan kombinasi antara rekayasa desain (*mechanical design improvement*) dan pengujian eksperimental untuk menilai dampak modifikasi terhadap performa penumbukan dan kualitas serat daging. Dua komponen utama yang dimodifikasi adalah kopling konis (dengan penambahan kampas gesek) dan sistem penekan (dengan penambahan pegas peredam gaya impact).



**Gambar 2:** Flowchart alur penelitian modifikasi mesin penumbuk daging untuk produksi rendang suir berbasis mekanisme vertikal

### 2.1 Desain Modifikasi komponen

Pada studi ini, tahap pertama adalah merancang ulang sistem kopling sebelumnya, kemudian dilanjutkan modifikasi sistem penekan berbasis pegas.

#### 2.1.1 Modifikasi kopling konis

Adapun tujuan modifikasi ini adalah meningkatkan kualitas transmisi torsi dari motor ke poros palu, sehingga mampu meminimalisir kehilangan energi akibat slip, dan memastikan putaran serta tumbukan palu lebih stabil pada setiap siklus. Pada desain mesin sebelumnya (Gambar 3a), sering terjadi slip pada area kontak kopling yang terlihat pada tampak samping sistem kopling pada Gambar 3b, No. 3, Slip ini disebabkan oleh gesekan antara dua permukaan logam yang licin pada dalam konis (kopling betina) dan luar konis (kopling Jantan) akibat penggunaan berulang saat beroperasi, sehingga kinerja transmisi torsi menurun dan terjadi *stagnant torque*. Dalam sistem ini, kopling konis berfungsi meneruskan dan memutus putaran motor menuju poros penggerak palu penumbuk. Kopling betina (Gambar 3b, No. 4) bersifat tetap, sedangkan kopling jantan (Gambar 3b, No. 2) digerakkan secara lateral (ke kiri dan ke kanan) melalui mekanisme

pedal atau tangkai penggerak. Pada studi ini, koefisien gesek antara kampas kopling dan baja diasumsikan berada pada rentang 0,35-0,45, sesuai dengan karakteristik material *friction lining* berbasis serat yang umum digunakan pada sistem transmisi mekanik sebagaimana direkomendasikan oleh Bălășoiu dkk (2024), dilakukan beberapa modifikasi untuk mengatasi masalah slip dan meningkatkan efisiensi transmisi daya sebagai berikut:

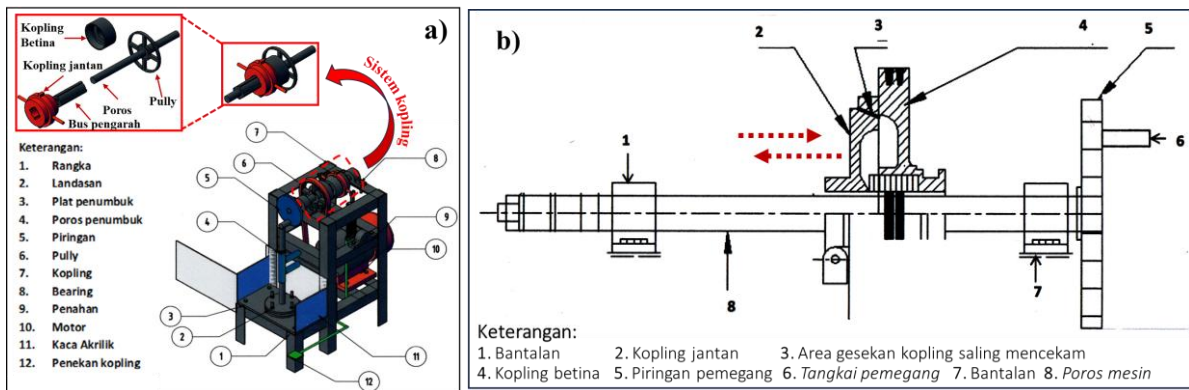
- a. Penambahan kampas kampas rem pada permukaan kopling jantan untuk meningkatkan koefisien gesek,
- b. Penetapan sudut konis (kopling Jantan) sebesar 20°, berdasarkan pertimbangan hubungan torsi:

$$T = \mu NR \tag{1}$$

dengan T adalah torsi (N.m),  $\mu$  adalah koefisien gesek antara dua permukaan kontak, N adalah gaya normal, dan R jari-jari kontak (m). Sudut 20° dipilih karena memberikan keseimbangan antara gaya normal yang cukup besar dan kemudahan pelepasan kopling, serta meningkatkan efek *self-locking*.

- c. Penyesuaian kedalaman *engagement* kopling betina pada rentang 20–25 mm untuk menjaga efisiensi kontak permukaan.

Studi eksperimental menunjukkan bahwa parameter geometri konis seperti tinggi dan sudut alur secara signifikan memengaruhi koefisien gesek dan performa transmisi torsi pada sistem kopling, sehingga optimasi sudut menjadi kunci kestabilan kontak (Wang dkk., 2021). Secara umum, prinsip kerja setelah modifikasi: Pada posisi awal, sabuk dalam kondisi longgar sehingga putaran motor belum diteruskan ke poros mesin. Saat pedal diinjak, puli cadangan bergerak dan menegangkan sabuk, sehingga putaran motor mulai ditransmisikan ke poros mesin. Kecepatan putaran dapat diatur secara bertahap sesuai kekuatan injakan pedal yang menentukan tingkat tegangan sabuk.

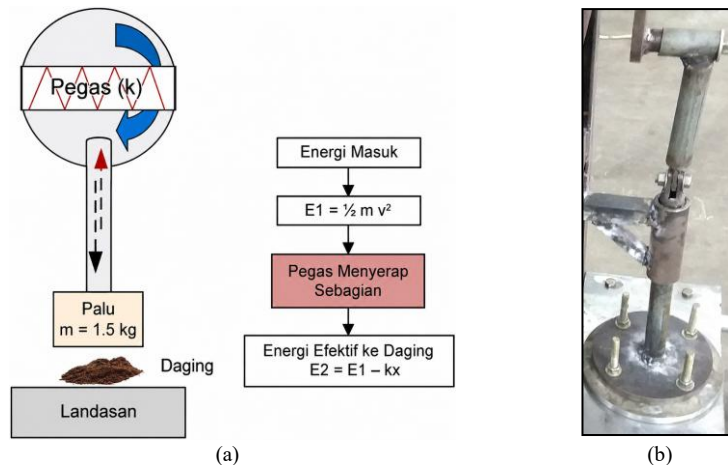


Gambar 3: 3D visual mesin penumbuk daging rendang hasil penelitian sebelumnya (Kurniawan dkk., 2019): (a). Mesin eksisting dengan sistem kopling betina dan jantan yang sering slip untuk dimodifikasi, (b) Tampak samping sistem kopling

2.1.2 Modifikasi sistem penekan berbasis pegas

Tahap selanjutnya adalah dilakukan modifikasi pada unit sistem penekan dengan menambahkan pegas sebagai elemen pengatur tekanan balik sekaligus peredam getaran berlebih pada landasan akibat gaya tumbukan palu, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4a. Pegas dipasang di antara pin pemegang (yang terikat pada plat pemutar/penggerak) dan tangki pemegang poros palu. Sebab sistem penekan sebelumnya (Gambar 4b), kelemahan utama terletak pada gerakan palu yang turun-naik secara cepat dengan posisi poros yang kaku, sehingga setiap tumbukan menghasilkan gaya sentakan langsung ke landasan tanpa mekanisme peredaman. Kondisi ini menyebabkan getaran tinggi dan distribusi gaya dampak yang tidak terkontrol.

Prinsip kerja sistem penekan berbasis pegas ini dapat dijelaskan dalam satu siklus (lihat Gambar 4a): Pertama pada fase Penumbukan, sehingga saat plat pemutar berputar dan pin mencapai posisi terbawah, unit penekan didorong ke bawah. Palu bergerak menuju daging di landasan. Energi gerakannya sebagian diserap oleh pegas yang mulai terkompresi, sehingga tekanan yang diteruskan ke daging dan landasan menjadi terkontrol. Kemudian, pada fase pengangkatan bahwa saat pin naik ke posisi teratas, gaya tarik pada pegas yang teregang membantu mengangkat palu kembali dengan lancar, mempersiapkan siklus penumbukan berikutnya. Agar gaya tumbukan palu ke landasan tidak terjadi secara langsung dan tekanannya lebih tertahan, dilakukan penambahan unit pegas penahan. Pegas ini dipasang tepat di antara poros palu dan pin pada plat pemutar, sehingga gaya tumbukan menjadi lebih bertahap (Gambar 4a).



Gambar 4: Sistem penekan: (a). Modifikasi sistem penekan berbasis pegas, (b) Sistem penekan tanpa pegas yang bergerak turun naik cepat ke landasan

## 2.2 Proses pembuatan komponen & assembly

Setelah rancangan unit kopling dan unit penekan selesai, proses dilanjutkan dengan pembuatan komponen dan perakitan seluruh sistem. Setiap komponen mesin diproduksi sesuai gambar kerja, kemudian dirakit berdasarkan urutan unit pada desain keseluruhan. Tahap *assembling* dilakukan secara bertahap mulai dari pemasangan komponen transmisi, unit penekan berpegas, hingga integrasi dengan rangka utama mesin, untuk memastikan seluruh mekanisme bekerja sesuai fungsi yang direncanakan.

## 2.3 Pengujian

### 2.3.1 Uji tanpa beban (stabilitas RPM poros)

Pengujian tanpa beban dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi stabilitas transmisi putaran dan respons mekanis mesin sebelum digunakan pada bahan pangan. Pada tahap ini, mesin dioperasikan tanpa daging untuk mengamati kinerja sistem kopling, pola gerakan naik - turun palu, serta tingkat getaran struktur. Pengujian dilakukan pada satu kondisi pembebanan, yaitu tekanan pedal sebesar 90-100% dari posisi maksimum. Selama operasi, kecepatan putar poros utama diukur secara kontinu menggunakan *tachometer* digital PM6208A selama durasi 60 detik untuk memperoleh data fluktuasi RPM dan indikasi potensi slip pada kopling.

### 2.3.2 Energi tumbukan

Energi tumbukan merupakan parameter utama yang menentukan kemampuan mesin dalam menghasilkan serat daging yang panjang tanpa merusak struktur jaringan. Pengujian dimulai dengan menghitung energi tumbukan dasar, yaitu energi potensial gravitasi yang berubah menjadi energi kinetik saat palu jatuh, dimana persamaan energi potensial, energi elastik, dan gaya pegas dalam penelitian ini didasarkan pada literatur Kalpakjian dkk (2009). Energi tumbukan ini dinyatakan sebagai

$$E_{\text{impak}} = m \cdot g \cdot h \quad (2)$$

Dimana,  $E_{\text{impak}}$  adalah energi tumbukan maksimum per siklus (J),  $m$  adalah massa palu penumbuk (kg),  $g$  adalah gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ), dan  $h$  adalah tinggi jatuhnya efektif palu (m). Sementara energi tumbukan kemudian diserap oleh pegas, sedangkan sisanya diteruskan ke daging sebagai energi efektif atau *delivered energy*, yang dihitung menggunakan hubungan

$$E_{\text{delivered}} = (1 - s)E_{\text{impak}} \quad (3)$$

Dimana,  $E_{\text{delivered}}$  adalah energi efektif yang diterima daging per tumbukan (J) dan  $s$  adalah fraksi energi yang diserap pegas. Kemudian perlu ditentukan nilai dari  $k$  yaitu konstanta pegas (N/m),  $x$  adalah defleksi atau kompresi pegas (m) dan energi yang diserap pegas (J) atau  $E_{\text{spring}}$  mengikuti prinsip energi elastik:

$$E_{\text{spring}} = \frac{1}{2} kx^2 \quad (4)$$

$$k = \frac{2E_{\text{spring}}}{x^2} \quad (5)$$

Dimana Panjang bebas pegas (*free length*)  $L_0$  adalah 15 cm (0,15 m) seperti yang terlihat pada Gambar 7, dengan asumsi kompresi minimum dan maksimal adalah 23-30%, sehingga  $x_{\text{max}} = 0,15 \times 30\% = 0,045 \text{ m}$  (45 mm). maka nilai *stroke* operasional digunakan dalam analisis yaitu 0,035 m (35 mm), 0,040 m (40 mm), dan 0,045 m (45 mm). Sehingga  $F_{\text{max}}$  adalah besarnya gaya maksimum yang muncul selama tumbukan (N) dihitung menggunakan:

$$F_{\text{max}} = kx, \text{ dimana } x = \sqrt{\frac{2sE_{\text{impak}}}{k}} \quad (6)$$

Maka,

$$F_{\text{max}} = \sqrt{2ksE_{\text{impak}}} \quad (7)$$

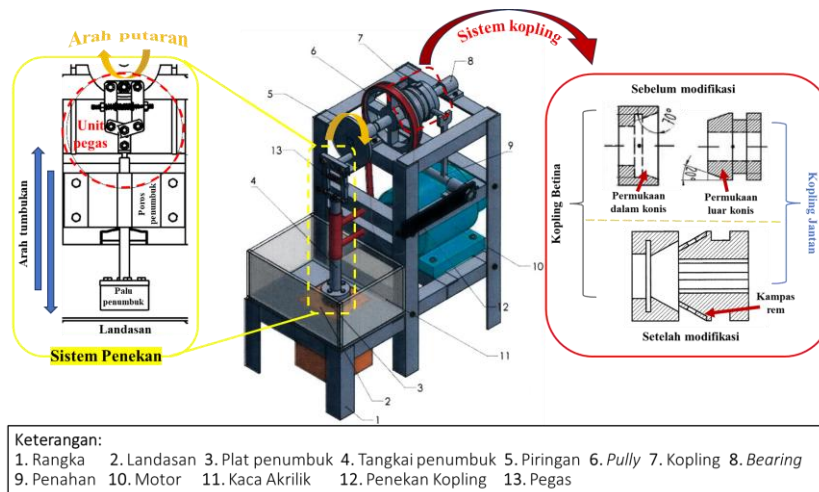
Selain itu, untuk memastikan bahwa tumbukan tidak menyebabkan kerusakan serat daging, maka batas energi aman ditetapkan berdasarkan literatur tenderisasi mekanis. Berbagai studi mengenai tekstur daging menunjukkan bahwa energi tumbukan yang terlalu besar cenderung menyebabkan fragmentasi jaringan otot sehingga menghasilkan serat yang pendek dan tidak seragam (Woinue dkk., 2020; Mabrouki dkk., 2023), sementara dari tinjauan terkini menunjukkan bahwa metode tenderisasi mekanis yang terukur menghasilkan deformasi plastis parsial pada jaringan otot sehingga serat tetap panjang dan utuh (Anaduaka dkk., 2023). Sebaliknya, energi tumbukan moderat hingga rendah yang diberikan secara berulang terbukti menghasilkan deformasi plastis jaringan otot sehingga membentuk serat panjang tanpa merusak struktur daging. Dari laporan tersebut bahwa kisaran energi efektif yang dianggap aman berada pada  $0,3 \text{ J} \leq E_{\text{delivered}} \leq 0,9 \text{ J}$ . Dengan demikian, pada kasus ini, digunakan rentang antara 0,4-0,6 J.

### 2.3.3 Pengujian Bahan

Dalam studi ini, massa rendang matang yang dilakukan pengujian yaitu 2 kg per *batch*. Setiap pengujian terdiri dari 5 siklus penumbukan, dan setiap kondisi diuji sebanyak 3 kali pengulangan. Stabilitas putaran poros diukur menggunakan *tachometer* digital. Panjang serat daging diukur pada 20 sampel acak menggunakan mistar digital dengan ketelitian 0,01 mm. Kapasitas produksi dihitung berdasarkan waktu total proses untuk menghasilkan rendang suir hingga serat terpisah sempurna.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

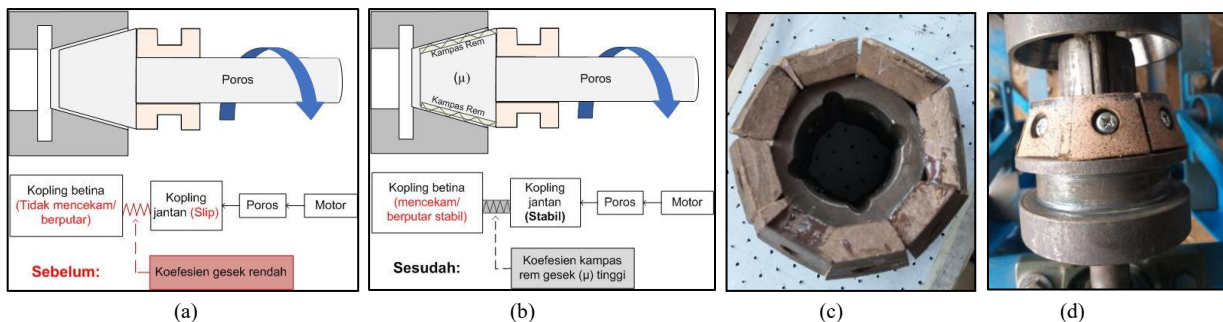
Modifikasi rancangan mesin telah diselesaikan, hasil rancangan akhir mesin penumbuk daging berbasis mekanisme vertikal ditunjukkan pada Gambar 5 (tengah). Dua bagian utama yang dimodifikasi adalah sistem kopling (Gambar 5, kanan warna merah) dan sistem penekan pegas (Gambar 5, kiri warna kuning), yang keduanya berperan penting dalam meningkatkan stabilitas transmisi dan kualitas proses penumbukan.



**Gambar 5:** Mesin penumbuk daging rendang yang telah dimodifikasi kopling dan poros penumbuknya

### 3.1 Modifikasi kopling konis

Sebagaimana dari hasil pengamatan pada mesin sebelum (eksisting) modifikasi menunjukkan bahwa unit kopling mengalami slip antara kopling jantan dan kopling betina (Gambar 6a). Untuk mengatasi efek tersebut, permukaan luar kopling jantan dimodifikasi dengan penambahan kampas rem (Gambar 6b). Perbandingan sebelum dan sesudah modifikasi terlihat jelas pada Gambar 6a dan 6b, dimana sebelum modifikasi koefisien gesek sangat rendah sehingga mengakibatkan disisi kopling betina tidak berputar atau tidak mencekam. Sementara, pada kopling jantan setelah di modifikasi, koefisien gesek menjadi stabil sehingga mampu mentransfer putaran ke kopling betina. Sebelum pemasangan kampas, permukaan konis kopling jantan terlebih dahulu dibubut  $\pm 10$  mm untuk menyediakan ruang pemasangan. Kampas kemudian dipasang menggunakan baut dan lem epoksi, lalu dilakukan pembubutan akhir agar diameter luarnya kembali sesuai dengan ukuran awal kopling, hasil akhirnya terlihat pada Gambar 6d. Penambahan lapisan kampas ini bertujuan meningkatkan koefisien gesek sehingga kopling mampu mencengkeram lebih kuat dan meminimalkan terjadinya slip. Modifikasi juga mencakup penyempurnaan sudut konis. Pada kopling betina (Gambar 6c), sudut konis bagian dalam dibuat sebesar  $70^\circ$  terhadap bidang vertikal, sedangkan pada kopling jantan (Gambar 6d) sudut konisnya ditetapkan  $20^\circ$  terhadap bidang horizontal.



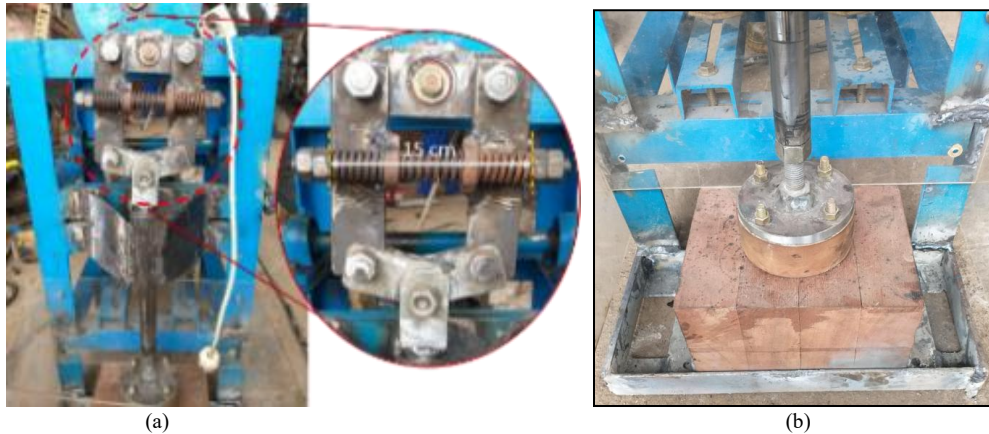
**Gambar 6:** Sistem unit kopling betina dan kopling jantan: (a) Mekanisme sebelum modifikasi, (b) Mekanisme sesudah dimodifikasi dengan penambahan kampas rem pada kopling jantan, (c) Hasil aktual kopling betina sudut konis bagian dalam  $70^\circ$ , dan (d) Hasil aktual penambahan kampas rem pada kopling jantan dengan sudut konis luar  $20^\circ$

Penetapan sudut ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan gaya normal yang timbul sehingga meningkatkan *self-locking effect* tanpa mengurangi kemudahan pelepasan kopling saat pedal dilepas, sesuai dengan studi Bălăşoiu dkk. (2024) yang menyarankan menghindari  $\theta < 15$ , dikarenakan menghasilkan *self-locking* berlebihan dan kopling sulit dilepas, sedangkan sudut besar ( $>25^\circ$ ) menurunkan gaya normal sehingga meningkatkan risiko slip. Selain itu, dilakukan penyesuaian jarak antara permukaan luar kopling jantan dan permukaan dalam kopling betina agar sesuai dengan tebal kampas kopling. Penyesuaian ini penting untuk memastikan kontak permukaan yang optimal saat kopling bekerja, sehingga transmisi torsi menjadi lebih stabil. Adapun spesifikasi komponen kopling hasil modifikasi mencakup: kopling jantan (diameter luar: 100 mm, panjang: 75 mm, diameter dalam: 43 mm), kopling betina (diameter luar: 100 mm, panjang: 50 mm, dan terintegrasi dengan puli penggerak), dan bus pengarah (diameter luar: 43 mm, diameter dalam: 26 mm, panjang: 100 mm, dan dilengkapi empat pengarah berukuran  $8 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ ). Disisi lain, Bus pengarah dipasang untuk mengendalikan gerakan maju mundur kopling jantan secara presisi sepanjang poros, sehingga tidak terjadi goyangan yang dapat mengganggu kontak konis. Selanjutnya, kopling betina diikat dengan puli melalui sambungan baut sehingga keduanya berputar sebagai satu kesatuan. Sebuah *bearing* ditempatkan pada pusat puli untuk memastikan kopling betina dapat berputar bebas pada poros tetap tanpa gesekan berlebihan.

### 3.2 Modifikasi sistem penekan berbasis pegas

Untuk meminimalisir gaya sentakan tinggi ketika palu bergerak turun naik pada mesin penumbuk daging vertikal, dilakukan modifikasi unit penekan dengan menambahkan pegas sebagai elemen peredam langsung pada jalur transmisi palu. Pada Gambar 7a pegas dipasang antara poros palu dan pin pemegang pada plat eksentrik sehingga saat palu menumbuk, sebagian energi tumbukan diserap oleh pegas sebelum mencapai landasan. Penambahan landasan kayu keras (Gambar 7b) di bawah area tumbukan juga diterapkan sebagai

peredam sekunder untuk mengurangi pantulan dan kebisingan. Tujuan desain adalah memperoleh gaya tumbukan moderat yang cukup untuk memisahkan serat daging namun tidak menyebabkan fragmentasi.

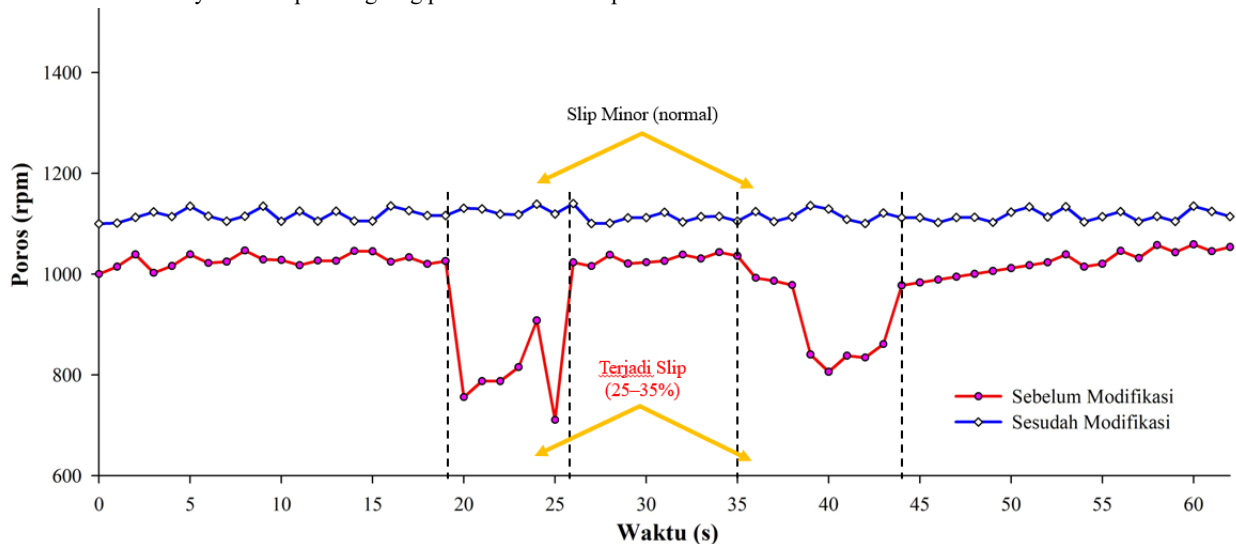


Gambar 7: Sistem penekan yang dimodifikasi dengan penambahan (a) Pegas, dan (b) Landasan kayu

### 3.3 Pengujian

#### 3.3.1 Uji tanpa beban (stabilitas RPM poros)

Berdasarkan dari hasil pengujian tanpa bahan daging didapatkan motor berputar dengan baik sambil memutar *pully* yang bersatu dengan kopling betina, pada saat pedal penarik kopling ditekan kopling jantan didorong oleh tuas penekan ujung kopling yang berbentuk konis masuk kedalam lubang kopling betina, semakin kuat ditekan maka kopling jantan akan bersatu dengan kopling betina menggerakkan poros penempat kopling otomatis menggerakkan penumbuk berulang kali turun naik, dan setelah penekanan dihentikan kopling kembali ke posisi semula karena ditarik oleh pegas. Pada Gambar 8 bahwa sebelum dilakukan modifikasi, putaran poros mengalami fluktuasi yang sangat signifikan. RPM tercatat beresilasi antara  $\pm 1000$ -1060 RPM, yang mengindikasikan bahwa transmisi torsi tidak stabil. Ketidakstabilan ini tercermin dari beberapa kejadian RPM drop yang cukup tajam. Pada interval waktu 19-20 detik, seperti terjadi slip berat yang menyebabkan putaran turun drastis dari sekitar 1025 RPM menjadi 710 RPM. Meskipun RPM sempat pulih perlahan pada detik 23-24, slip kembali muncul pada detik ke-25, menunjukkan bahwa kopling mengalami parsial slip secara berulang. Fenomena serupa juga terlihat pada rentang 38–43 detik, dengan RPM turun dari 969 RPM menjadi 861 RPM, atau penurunan sekitar 25-35%. Kondisi ini menandakan bahwa kopling tidak mampu mempertahankan kontak gesek yang stabil, sehingga torsi yang diteruskan ke poros palu menjadi tidak konstan. Ini tentunya berdampak langsung pada kualitas hasil penumbukan.



Gambar 8: Perbedaan RPM poros sebelum dan sesudah mesin penumbuk daging di modifikasi

Pada kondisi *over-slip*, energi tumbukan menurun sehingga serat daging tidak terpisah dengan baik. Sebaliknya, pada saat kopling tiba-tiba mencengkeram kuat, energi tumbukan meningkat secara mendadak sehingga sebagian serat justru hancur. Pola slip grip seperti ini menyebabkan serat daging yang dihasilkan menjadi tidak seragam, baik dari sisi panjang maupun tingkat kerusakan mikrostruktur. Disisi lain, setelah dilakukan modifikasi dengan penambahan kampas rem pada kopling jantan serta pengaturan ulang sudut konis dan kedalaman *engagement*, performa transmisi meningkat secara signifikan. Grafik RPM setelah modifikasi menunjukkan putaran yang relatif stabil dalam rentang  $\pm 1100$ -1140 RPM, dengan fluktuasi hanya sekitar  $\pm 10$ -15 RPM. Tidak ditemukan lagi penurunan tajam (*dip*) seperti kondisi sebelum modifikasi, yang menandakan bahwa slip besar telah berhasil dieliminasi. Slip minor masih terjadi, namun pergerakannya halus dan berada dalam batas toleransi sistem mekanis, sehingga tidak memengaruhi performa tumbukan secara signifikan. Stabilitas RPM pasca modifikasi menunjukkan bahwa sistem kopling konis telah berfungsi lebih konsisten dalam mentransmisikan torsi. Hal ini menjadi prasyarat penting untuk menghasilkan energi tumbukan yang seragam pada setiap siklus, sehingga kualitas serat daging yang dihasilkan menjadi lebih stabil, lebih panjang, dan minim kerusakan.

### 3.3.2 Energi tumbukan dari sistem penekan dengan pegas

Sebagaimana diketahui massa palu sebesar 1,5 kg, sedangkan tinggi jatuhnya efektif adalah 0,1 m, dengan motor penggerak memiliki daya 1 HP ( $\approx 746$  W), daya tersebut hanya mengatur *throughput* atau jumlah siklus per menit, bukanlah energi tumbukan langsung yang diterima daging. Sehingga menghasilkan energi tumbukan dasar sebesar 1,47 J per siklus dari perhitungan persamaan 2.

$$E_{\text{impak}} = 1,5 \times 9,81 \times 0,1 = 1,4715 \text{ J}$$

Selanjutnya menghitung sistem pegas yang menyerap sebagian energi pada target 0,4 – 0,6 J, maka

- Untuk batas atas  $E_{\text{delivered}} = 0,6$  J (energi maksimum aman):

$$s_{0,6} = 1 - \frac{0,6}{1,4715} = 0,592$$

- Untuk batas bawah  $E_{\text{delivered}} = 0,4$  J (energi minimum efektif):

$$s_{0,4} = 1 - \frac{0,4}{1,4715} = 0,728$$

Oleh karena itu, agar energi yang tersampaikan ke daging (*delivered energy*) mencapai nilai rentang yang ditargetkan, pegas harus menyerap 59-73% dari energi tumbukan total atau setara dengan pegas 0,87-1,07 J. Selain itu, dari pertimbangan geometri mesin memberikan nilai kompresi pegas realistis berada pada 35-45 mm, sehingga hubungan antara energi pegas dan kompresi yang tersedia, dapat diturunkan rentang konstanta pegas ( $k$ ) pada ( $k_{\text{min}}$  dan  $k_{\text{max}}$ ) yang sesuai, yaitu 860-1750 N/m (seperti yang tercantum hasil kalkulasi dalam Tabel 1). Dari seluruh variasi nilai yang mungkin, konstanta pegas di rentang antara 1100–1300 N/m (pembulatan  $\approx 1089$ -1339 N/m) merupakan pilihan paling optimal. Alasan utamanya adalah nilai  $k$  dalam rentang ini menghasilkan gaya puncak sekitar 43-55 N cukup untuk membuka dan memisahkan jaringan serat daging tanpa menyebabkan kerusakan berlebih, perhitungan ini diperoleh dari gaya puncak ( $F_{\text{max}}$ ) moderat dan tidak merusak serat pada nilai  $s = 0,4 - 0,6$  dan  $k = 1100 - 1300$  N/m:

$$F_{\text{max}} = \sqrt{2ksE_{\text{impak}}}$$

$$F_{\text{max}} = \sqrt{2 \times 1100 \times 0,4 \times 1,4715} \approx 4,7805 \text{ N}$$

$$F_{\text{max}} = \sqrt{2 \times 1300 \times 0,6 \times 1,4715} \approx 52,7783 \text{ N}$$

**Tabel 1:** Hasil kalkulasi dari hubungan Stroke Pegas, Fraksi Serapan, dan Konstanta Pegas dengan rentang  $x = 0,035$ - $0,045$  m

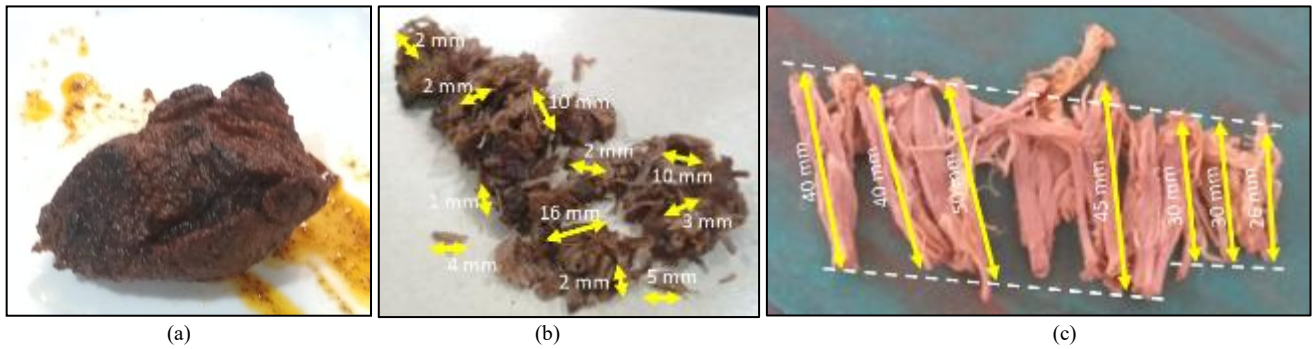
Stroke x (m)	s (%)	k (N/m)	Energi Pegas (J)	Energi ke Daging (J)
0,035	59,2	1422	0,871	0,600
0,035	72,8	1749	1,071	0,400
0,040	59,2	1089	0,871	0,600
0,040	72,8	1339	1,071	0,400
0,045	59,2	861	0,872	0,600
0,045	72,8	1059	1,071	0,400

### 3.3.3 Hasil Uji Penumbukan Daging

Pengujian menggunakan daging rendang pada mesin yang telah dimodifikasi menunjukkan peningkatan kinerja yang signifikan dibandingkan desain sebelumnya. Secara umum, mesin mampu memipihkan daging rendang yang memiliki tekstur padat dan berserat kuat hanya dalam beberapa siklus penumbukan. Untuk spesifikasi mesin penumbuk daging rendang ini berukuran tinggi 80 cm x lebar 60 cm x panjang 80 cm terdiri beberapa bagian utama yaitu, bagian penumbuk yang terdiri dari batang penumbuk  $\varnothing 3$  cm dan panjang 30 cm, bus pengarah dengan  $\varnothing 5$  cm panjang 10 cm. Bagian koping yang terdiri dari koping jantan berukuran  $\varnothing 10$  cm x 7,5 cm dilapisi dengan kampas koping, koping betina berukuran  $\varnothing 10$  cm x 5 cm. Selanjutnya bagian rangka berukuran panjang 55 cm x lebar 35 cm x tinggi 68 cm. Dari hasil pengamatan awal, daging yang belum ditumbuk memiliki permukaan padat dan sulit dipisahkan seratnya (Gambar 9a). Setelah lima siklus penumbukan, daging mengalami deformasi plastis yang merata dan mulai mengeluarkan serat-serat panjang seperti terlihat pada Gambar 9c. Panjang serat yang dihasilkan berkisar antara 26-40 mm, menunjukkan selama proses penumbukan berlangsung secara efektif, sehingga serat-serat yang dihasilkan lebih panjang, seragam, dan tidak menunjukkan tanda-tanda kerusakan mikrostruktur. Distribusi panjang serat daging sebelum mesin modifikasi (Kurniawan dkk., 2019) berbeda jauh yang menghasilkan serat pendek tidak beraturan dengan panjang hanya 1-10 mm. Pola ini terlihat jelas pada Gambar 9b, sehingga mengindikasikan terjadinya fragmentasi jaringan otot akibat energi tumbukan yang tidak terkendali dan fluktuatif. Serat pendek yang tidak seragam menyulitkan proses penyuiran lanjutan serta menurunkan kualitas tekstur rendang suir. Hasil pengujian kualitas perbandingan sebelum dan sesudah modifikasi mesin terlihat pada Tabel 2.

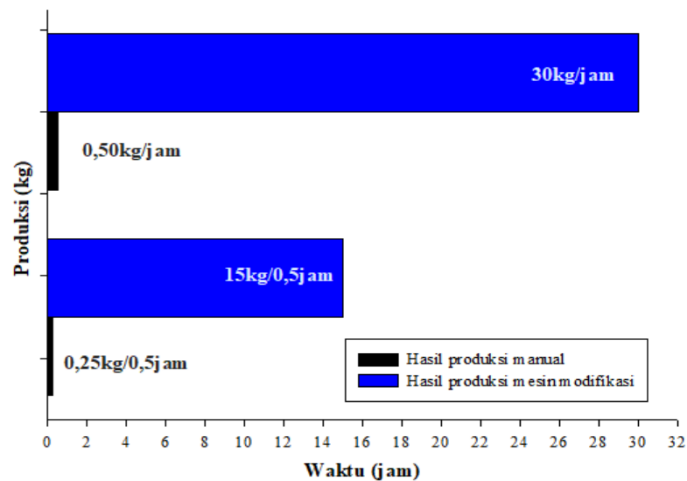
**Tabel 2:** Hasil Pengujian Kualitas Serat Daging Rendang (Panjang serat diukur secara visual menggunakan mistar digital dengan ketelitian 0,01 mm)

Paramater	Mesin Sebelum Modifikasi	Mesin Setelah Modifikasi
Panjang serat minimum (mm)	1	26
Panjang serat maksimum (mm)	22	50
Rata-rata panjang serat (mm)	15,4	32,1
Fragmentasi serat	Tinggi	Tidak teramati
Jumlah sampel (n)	20	20



**Gambar 9:** Pengujian dengan rendang: (a) sebelum diuji atau di tumbuk dengan mesin, (b) diuji menggunakan mesin sebelum modifikasi, (c) hasil uji dengan mesin modifikasi

Disisi lain, serat yang panjang dan tidak rusak memudahkan proses penyuiran secara manual maupun mekanis, serta memberikan tekstur rendang suir yang lebih baik sesuai yang diharapkan untuk produksi rendang daging suir, khususnya di Sumatera Barat. Selain kualitas, peningkatan kinerja mesin juga tercermin dari kemampuan produksinya. Dengan hanya lima kali tumbukan, satu potong daging rendang dapat dipipihkan secara merata, sehingga kapasitas kerja mesin mencapai  $\pm 30$  kg/jam. Angka ini jauh lebih tinggi dibandingkan proses manual yang hanya mampu menghasilkan sekitar 0,5 kg/jam (Gambar 10), menunjukkan dengan jelas hasil modifikasi mesin memberikan dampak yang baik dari segi produksi.



**Gambar 10:** Perbandingan (1 vs 0,5 jam) hasil produksi penumbukan manual dengan mesin penumbuk daging modifikasi

#### 4. KESIMPULAN

Modifikasi mesin penumbuk daging rendang suir berbasis mekanisme vertikal telah berhasil dilakukan. Berdasarkan permasalahan pada mesin sebelumnya (eksisting) yaitu ketidakstabilan transmisi torsi akibat slip pada kopling konis jantan dan betina serta tingginya gaya sentakan pada sistem penekan yang menyebabkan kerusakan serat daging. Modifikasi pada dua aspek utama mesin penumbuk daging: Pertama, sistem transmisi melalui penambahan kampas rem dan optimasi sudut konis terbukti mampu menghilangkan slip, ditunjukkan oleh stabilnya putaran poros pada kisaran  $\pm 1100$ -1140 RPM tanpa penurunan tajam sebagaimana terjadi pada mesin sebelum modifikasi. Kedua, sistem penekan dan unit pegas serta landasan kayu mampu secara efektif meredam gaya tumbukan, dimana perhitungan menunjukkan bahwa pegas dengan konstanta 1100–1300 N/m mampu menyerap 59–73% energi impact sehingga energi yang diterima daging berada pada zona aman (0,4-0,6 J) untuk menghasilkan serat panjang tanpa fragmentasi. Hasil pengujian menggunakan daging rendang menunjukkan kualitas serat yang jauh lebih baik dibandingkan mesin sebelumnya, dengan panjang serat 26–40 mm dan tanpa kerusakan mikrostruktur. Selain peningkatan kualitas, kapasitas produksi meningkat signifikan menjadi  $\pm 30$  kg/jam, jauh di atas proses manual yang hanya mencapai sekitar 0,5 kg/jam. Secara keseluruhan, modifikasi sistem penekan berbasis pegas dan transmisi kopling konis yang diperkuat kampas gesek terbukti meningkatkan stabilitas mekanis, efektivitas penumbukan, serta kualitas produk rendang suir yang dihasilkan.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada Bapak Prof. Dr. Sir Anderson, ST., MT selaku pimpinan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang, para dosen, serta tenaga laboratorium dan bengkel yang telah memberikan dukungan, masukan, dan fasilitas selama proses perancangan, pembuatan, serta pengujian mesin penumbuk daging rendang suir ini. Secara khusus, penulis menghargai kontribusi para mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan perakitan dan pengujian, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

#### KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan finansial maupun hubungan pribadi yang dapat dianggap memengaruhi hasil atau pembahasan dalam artikel ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adejuge, I. T., Olowonubi, J. A., Olorunsola, I. T., Oyegunwa, O. A., Ayeni, J. O., Komolafe, O., & Ogunkoya, A. K. (2023). Development of a Low-Cost Hammer Mill Machine for Food Processing. *Physical Science International Journal*, 27(3).
- Anaduaka, E. G., Chibuogwu, C. C., Ezugwu, A. L., & Ezeorba, T. P. C. (2023). Nature-derived ingredients as sustainable alternatives for tenderizing meat and meat products: an updated review. In *Food Biotechnology* (Vol. 37, Issue 2).
- Bălăsoiu, G., Munteniță, C., Amortila, V. T., & Titire, L. (2024). Optimisation of Clutch Disc Friction Material Using a Multi-Layer Perceptron Artificial Neural Network. *Polymers*, 16(24).
- Bao, H., Zhang, C., Hou, X., & Lu, F. (2021). Wear characteristics of different groove-shaped friction pairs of a friction clutch. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(1).
- Engineering ToolBox. (2004). Friction – Coefficients for common materials and surfaces. *Diakses Desember, 2025*, dari [https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d\\_778.html](https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html)
- Fatimah, S., Syafrini, D., Wasino, & Zainul, R. (2021). Rendang lokan: history, symbol of cultural identity, and food adaptation of Minangkabau tribe in West Sumatra, Indonesia. *Journal of Ethnic Foods*, 8(1).
- Habibi, B. G. (2017). Rancang Bangun Mesin Penyuir Daging Untuk Bahan Baku Rendang Suir (Tugas akhir Diploma III, Politeknik Negeri Padang). Politeknik Negeri Padang. *Diakses November, 2025*, dari <https://id.scribd.com/document/385002341/Bobby-Gustian-H-ME-D3>
- Kalpakjian, Serope, Steven, RS & Hamidon, M. (2009). Manufacturing Engineering and Technology. *Journal of Emerging Technologies in Engineering Research*, 3(2).
- Kurniawan, Y., Junaidi, J., & Nofriadi, N. (2019). Pembuatan Dan Pengujian Mesin Penumbuk Daging Rendang Suir Kapasitas 1kg/Jam. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(1).
- Mabrouki, S., Brugiapaglia, A., Glorio Patrucco, S., Tassone, S., & Barbera, S. (2023). Texture profile analysis of homogenized meat and plant-based patties. *International Journal of Food Properties*, 26(2).
- Makni, F., Cristol, A. L., Elleuch, R., & Desplanques, Y. (2022). Organic Brake Friction Composite Materials: Impact of Mixing Duration on Microstructure, Properties, Tribological Behavior and Wear Resistance. *Polymers*, 14(9).
- Oktaviandri, M., & Kian, N. S. (2021). Design and Fabrication of Meat Shredder Machine Using VDI2221 Approach. *Indonesian Journal of Computing, Engineering and Design (IJoCED)*.
- Sanusi, M. S., Sunmonu, M. O., Odewole, M. M., Obajemihi, O. I., Adepoju, A. L., & Olaleye, S. A. (2022). Designing of a gasoline food-grade magnetic hammer mill. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 24(4).
- Shi, B., Yang, J., & Li, T. (2021). Enhancing vibration isolation performance by exploiting novel spring-bar mechanism. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(19).
- Sihombing, R., Sitopu, J. W., Saragih, A. M., Hidayah, M. Q., & Hernanda, Y. (2023). Inovasi Teknologi Tepat Guna: Implementasi Mesin Penyuir Daging Bebek Pada Industri Kecil Menengah (IKM) Pangan Lokal. *KALANDRA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(3 SE-Artikel), 133 – 139.
- Sutejo, A., Kurniasari, R. S., & Wicaksono, D. D. (2023). Uji Performansi Mesin Penepung Tipe Palu (Hammer Mill) Untuk Penepungan Hotong (*Setaria Italica* L.). *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(2 SE-Articles), 250–261.
- Syarif Hidayatullah, Ma'ruf, & Verinita. (2024). EVALUASI BRANDING KOTA PAYAKUMBUH SEBAGAI KOTA RENDANG. *Journal Publicuho*, 7(2).
- Wang, Y., Yang, K., & Wu, X. (2021). Structural design and friction performance test of a new conical groove friction disks in wet clutch. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(16).
- Woinue, Y., Ayele, A., Hailu, M., & Chaurasiya, R. S. (2020). Comparison of different meat tenderization methods: A review. *Food Research*.
- Yuliana, Y., Sari, Y. I., & Harmawan, V. (2023). Comparing the Quality of West Sumatra's Rendang: Rendang Darek vs Rendang Pasisia. *Journal of Applied Food Technology*, 10(1).