



MODIFIKASI PELAT PENAHAN ALAT PENCETAK HIDROLIK UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BRIKET KULIT ASAM

Klemens Yansen Seran¹, Jemmy J. S. Dethan², Jonathan E. Koehuan³

Correspondensi e-mail: jemmydethan@gmail.com

^{1,2,3}Program Studi Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Kristen Artha Wacana

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of modifying a hydraulic briquette press by adding a retaining plate to the molding cylinder on machine performance and the physical-mechanical quality of tamarind shell briquettes. The research was conducted experimentally by comparing the performance of the press before and after modification. The observed parameters included compaction pressure, briquette weight, production efficiency, dimensions, and compressive strength. The results showed that the addition of the retaining plate increased the compaction pressure from 60 kg/m² to 120 kg/m². Briquette weight increased from 50.75 g to 54.75 g, while production efficiency improved from 65.86% to 67.57%. The compressive strength of the briquettes also increased from 26.5 kg/m² to 31 kg/m². The improvement indicates that the retaining plate enhanced force transmission efficiency and created a confined compaction condition, resulting in a denser internal structure and better mechanical resistance. Overall, this simple structural modification effectively improved briquette quality without increasing the jack capacity and can be applied as an appropriate technology for laboratory and small-scale production systems.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh modifikasi alat pencetak hidrolik briket melalui penambahan pelat penahan bahan pada silinder pencetak terhadap kinerja alat dan kualitas briket limbah kulit asam. Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan membandingkan kondisi alat sebelum dan sesudah modifikasi. Parameter yang diamati meliputi kuat tekan pencetakan, berat briket, efisiensi produksi, dimensi, dan kuat tekan briket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pelat penahan meningkatkan tekanan pencetakan dari 60 kg/m² menjadi 120 kg/m². Berat briket meningkat dari 50,75 g menjadi 54,75 g, sedangkan efisiensi produksi meningkat dari 65,86% menjadi 67,57%. Kuat tekan briket juga meningkat dari 26,5

ARTICLE INFO

Submitted: 30 June 2025

Revised: 10 July 2025

Accepted: 20 July 2025

Keywords:

hydraulic briquette press;
retaining plate; compaction
pressure; compressive strength;
tamarind shell briquette

DOI:

[10.55080/agronimal.v3i2.1918](https://doi.org/10.55080/agronimal.v3i2.1918)

kg/m² menjadi 31 kg/m². Peningkatan ini menunjukkan bahwa pelat penahan mampu meningkatkan efisiensi transmisi gaya dan menghasilkan kondisi pemadatan terkungkung yang memperbaiki struktur internal briket. Secara keseluruhan, modifikasi struktural sederhana ini efektif meningkatkan kualitas fisik dan mekanik briket tanpa menambah kapasitas sumber tenaga, sehingga berpotensi diterapkan sebagai teknologi tepat guna pada skala laboratorium maupun usaha kecil.

Kata kunci:

briket biomassa; pelat penahan; tekanan pemadatan; kuat tekan; mekanisasi pertanian

PENDAHULUAN

Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi alternatif terus berkembang sebagai bagian dari strategi transisi energi dan pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Salah satu bentuk konversi biomassa yang banyak dikembangkan adalah briket, yaitu bahan bakar padat hasil pemadatan limbah pertanian dan kehutanan. Briket memiliki keunggulan berupa peningkatan densitas energi, kemudahan transportasi dan penyimpanan, serta kestabilan nilai kalor dibandingkan biomassa mentah.

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai biomassa kesambi (*Schleichera oleosa*) dan limbah sejenis telah menunjukkan potensi yang signifikan sebagai bahan baku briket energi. Optimasi ukuran partikel dan rasio perekat pada biobriket daun kesambi terbukti meningkatkan kualitas fisik dan mekanik produk (Dethan JJS et al., 2024). Karakterisasi briket ranting kesambi juga menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel mempengaruhi densitas dan kekuatan mekanik briket (Abineno et al., 2024).

Selain itu, berbagai pendekatan pemodelan telah dikembangkan untuk memprediksi nilai kalor tinggi (higher heating value/HHV) briket biomassa berbasis kesambi dan limbah tamarindus (Bunga et al., 2024; Dethan, 2024a, 2024b). Studi torrefaksi daun kesambi juga menunjukkan bahwa perubahan struktur mikro akibat perlakuan termal mempengaruhi karakteristik pemadatan dan performa energi biomassa (Dethan J.J.S. et al., 2024). Hasil-hasil tersebut menegaskan bahwa kualitas briket sangat dipengaruhi oleh struktur material dan kondisi proses.

Namun demikian, kualitas briket tidak hanya ditentukan oleh sifat bahan dan perlakuan termal, tetapi juga oleh sistem pemadatan dan desain alat pencetak. Tekanan pemadatan memiliki peran penting dalam menentukan kerapatan dan kuat tekan produk (Himawanto, 2007; Purwanto, 2015). Dalam konteks mekanika material granular, peningkatan tekanan efektif akan meningkatkan kontak antar partikel, menurunkan porositas, serta memperkuat struktur internal briket.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji pengaruh ukuran partikel, jenis perekat, dan proses torrefaksi terhadap karakteristik briket (Dethan JJS et al., 2024; Huda et al., 2024), kajian mengenai pengaruh modifikasi struktural alat terhadap distribusi tekanan dan efisiensi transmisi gaya masih relatif terbatas. Studi mengenai desain dan pengembangan mesin briket menunjukkan bahwa konfigurasi cetakan dan sistem penekan berpengaruh terhadap kualitas produk (Oluwamayokun SOYOYE et al., 2024; Prasetyo et al., 2025). Namun, pendekatan tersebut umumnya berfokus pada desain mesin secara keseluruhan dan belum secara spesifik mengevaluasi efek elemen penahan lateral pada sistem hidrolik sederhana.

Pada praktik skala laboratorium maupun UMKM, alat pencetak briket sering mengalami kebocoran bahan selama proses pengepresan. Kondisi ini menyebabkan distribusi tekanan tidak merata dan menurunkan tekanan efektif yang bekerja pada material. Secara mekanika, sistem ini bekerja dalam kondisi unconfined compression, di mana deformasi lateral tidak terkendali sehingga sebagian energi tekan terdisipasi menjadi deformasi samping.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, diperlukan pendekatan rekayasa sederhana untuk meningkatkan kondisi confined compression tanpa meningkatkan kapasitas dongkrak atau mengganti sistem hidrolik. Penambahan pelat penahan pada silinder pencetak diduga mampu membatasi deformasi lateral, meningkatkan tegangan efektif antar partikel, dan memperbaiki kualitas mekanik briket.

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari rangkaian kajian biomassa kesambi yang sebelumnya berfokus pada optimasi material dan pemodelan energi, dengan memperluas pendekatan ke aspek rekayasa sistem pemadatan. Tujuan penelitian ini adalah memodifikasi alat pencetak hidrolik melalui penambahan pelat penahan bahan pada silinder pencetak serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap kinerja alat dan kualitas fisik-mekanik briket limbah kulit asam.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat pemahaman mengenai karakteristik biomassa kesambi dari sisi material dan energi, tetapi juga memberikan kontribusi pada aspek desain alat dan efisiensi transmisi gaya dalam teknologi briket skala kecil. Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi solusi teknologi tepat guna yang aplikatif dan berkelanjutan dalam pengembangan bioenergi lokal.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama satu bulan, dimulai pada tanggal 20 Mei 2024 hingga selesai, di Laboratorium Program Studi Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Kristen Artha Wacana Kupang. Laboratorium ini digunakan untuk proses modifikasi alat, pembuatan briket, serta pengujian parameter fisik dan mekanik.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat pencetak briket sistem hidrolik yang dilengkapi dengan dongkrak hidrolik berkapasitas maksimum 2 ton sebagai sumber gaya tekan. Peralatan pendukung yang digunakan meliputi timbangan digital untuk pengukuran massa, jangka sorong (*caliper*) untuk pengukuran dimensi, mesin uji tekan untuk pengujian kuat tekan briket, serta bor listrik, gerinda, dan meter ukur untuk proses modifikasi alat.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas serbuk kulit asam sebagai bahan utama, tepung kanji sebagai bahan perekat, air sebagai pelarut perekat, serta oli sebagai pelumas pada komponen mekanis alat.

Desain dan Modifikasi Alat

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen rekayasa (*engineering experimental study*) yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi struktural.

Modifikasi dilakukan dengan menambahkan pelat penahan bahan pada bagian atas silinder pencetak. Pelat penahan dirancang berbentuk silinder dengan diameter 5 cm dan tinggi 2 cm. Komponen ini dipasang untuk membatasi deformasi lateral bahan selama proses pengepresan sehingga meningkatkan kondisi pemadatan terkungkung (*confined compression*).

Spesifikasi alat setelah modifikasi meliputi tinggi rangka 120 cm, lebar rangka 50 cm, diameter cetakan 5,1 cm, tinggi cetakan 12 cm, serta jumlah lubang cetakan sebanyak empat buah. Pelat penahan dipasang pada bagian atas silinder cetakan sebagai elemen penahan lateral guna meningkatkan efisiensi distribusi tekanan aksial.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang dilakukan secara sistematis. Tahap awal dimulai dengan identifikasi permasalahan teknis pada alat pencetak briket sebelum dilakukan modifikasi. Observasi difokuskan pada terjadinya kebocoran bahan selama proses pengepresan serta distribusi tekanan yang tidak merata di dalam silinder cetakan. Kondisi ini dianalisis untuk mengetahui faktor penyebab penurunan tekanan efektif dan rendahnya kualitas briket yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, dilakukan perancangan pelat penahan yang disesuaikan dengan dimensi silinder cetakan. Pelat dirancang untuk berfungsi sebagai elemen penahan lateral guna membatasi deformasi samping material selama proses kompresi. Setelah desain ditetapkan, pelat penahan dibuat menggunakan material yang sesuai dan kemudian dirakit serta diintegrasikan ke dalam sistem pencetak hidrolik.

Tahap berikutnya adalah pengujian kinerja alat sebelum modifikasi sebagai data pembanding (kontrol). Pengujian dilakukan dengan prosedur pencetakan yang sama pada setiap siklus produksi. Selanjutnya, dilakukan pengujian ulang terhadap alat setelah modifikasi dengan kondisi operasional yang identik, sehingga perbedaan hasil dapat dikaitkan langsung dengan pengaruh penambahan pelat penahan.

Tahap akhir penelitian adalah analisis dan perbandingan hasil pengujian antara kondisi sebelum dan sesudah modifikasi. Analisis dilakukan terhadap parameter tekanan pencetakan, efisiensi produksi, dimensi briket, serta kuat tekan produk untuk mengevaluasi peningkatan kinerja alat dan kualitas briket secara menyeluruh.

Proses Pembuatan Briket

Serbuk kulit asam dicampur dengan tepung kanji dan air hingga membentuk campuran homogen. Setiap cetakan diisi dengan campuran bahan sebanyak 74 gram untuk memastikan konsistensi massa awal pada setiap perlakuan.

Dongkrak hidrolik ditekan hingga mencapai tekanan maksimum operasional yang sama pada kedua perlakuan. Setelah proses pemadatan selesai, briket dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan hingga mencapai kondisi stabil. Selanjutnya, briket diuji parameter fisik dan mekaniknya. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan ($n = 3$) dengan kondisi operasional yang identik. Nilai yang disajikan dalam hasil merupakan nilai rata-rata dari tiga pengujian untuk meningkatkan reliabilitas data.

Variabel Pengamatan

Tekanan pencetakan dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \frac{F}{A}$$

di mana:

P = tekanan (kg/m^2)

F = gaya tekan (kg)

A = luas penampang cetakan (m^2)

Gaya tekan diperoleh dari kapasitas dongkrak hidrolik, sedangkan luas penampang dihitung berdasarkan diameter cetakan.

Variabel Fisik Briket

Selain berat dan dimensi, penelitian ini juga menghitung densitas briket sebagai indikator tingkat pemadatan material. Densitas briket dihitung berdasarkan perbandingan antara massa dan volume briket setelah pencetakan.

Secara matematis, densitas dinyatakan sebagai:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

di mana:

ρ = densitas briket (kg/m^3)

m = massa briket (kg)

V = volume briket (m^3)

Karena bentuk briket berupa silinder, volume dihitung menggunakan persamaan:

$$V = \pi r^2 h$$

di mana:

r = jari-jari briket (m)

h = tebal briket (m)

Nilai densitas digunakan untuk mengevaluasi tingkat kerapatan struktur internal briket. Peningkatan densitas menunjukkan bahwa proses pemadatan berlangsung lebih efektif dan rongga udara dalam struktur briket berkurang. Parameter ini juga berkorelasi langsung dengan peningkatan kuat tekan dan potensi performa pembakaran, karena briket dengan densitas lebih tinggi umumnya memiliki stabilitas mekanik yang lebih baik.

Variabel Mekanik Briket

Kuat tekan briket diuji menggunakan mesin uji tekan hingga briket mengalami kerusakan. Nilai kuat tekan dihitung berdasarkan beban maksimum yang diterima briket dibagi luas penampangnya.

Efisiensi Produksi

Efisiensi produksi dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Berat Briket}}{\text{Berat Bahan Awal}} \times 100\%$$

Nilai ini digunakan untuk mengetahui tingkat kehilangan bahan selama proses pencetakan.

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif komparatif dengan membandingkan nilai parameter sebelum dan sesudah modifikasi alat. Peningkatan kinerja dinyatakan dalam bentuk persentase perubahan untuk masing-masing variabel.

Selain itu, analisis diperkuat dengan pendekatan mekanika sistem melalui perhitungan kapasitas gaya dongkrak dan luas penampang cetakan untuk menjelaskan mekanisme peningkatan tekanan efektif akibat penambahan pelat penahan. Pendekatan ini digunakan untuk menginterpretasikan perubahan kondisi batas sistem dari kompresi terbuka (*unconfined compression*) menjadi kompresi terkungkung (*confined compression*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, gambarkan hasil dan pembahasan penelitian secara komprehensif (singkat, padat dan jelas). Jika terdapat tabel dan gambar, atau figur-figur lainnya yang ada pada artikel, semuanya diletakkan simetris di tengah (seimbang antara kiri dan kanan). Nama table dan gambar haruslah jelas. Untuk pembahasannya dapat menggabungkan antara hasil yang didapatkan.

Kinerja Tekanan Sistem Pencetakan

Evaluasi awal dilakukan untuk mengetahui perubahan kinerja sistem pencetakan sebelum dan sesudah penambahan pelat penahan pada silinder cetakan. Parameter utama yang dianalisis adalah tekanan pencetakan, yang dihitung berdasarkan kapasitas gaya dongkrak hidrolik dan luas penampang cetakan.

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali ulangan pada masing-masing perlakuan ($n = 3$) dengan kondisi operasional yang identik. Nilai yang disajikan merupakan nilai rata-rata hasil pengujian.

Tabel 1. Tekanan Pencetakan Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Perlakuan	Rata-rata (kg/m^2)
Tanpa Pelat Penahan	60
Dengan Pelat Penahan	120

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tekanan pencetakan meningkat dari 60 kg/m^2 menjadi 120 kg/m^2 atau mengalami peningkatan sebesar 100% setelah penambahan pelat penahan.

Peningkatan ini tidak disebabkan oleh perubahan kapasitas dongkrak hidrolik yang tetap sebesar 2 ton, melainkan oleh peningkatan efisiensi transmisi gaya. Sebelum modifikasi, sebagian gaya tekan terdisipasi akibat deformasi lateral material dan kebocoran bahan melalui celah cetakan. Kondisi ini menyebabkan tekanan efektif yang bekerja pada partikel biomassa menjadi lebih rendah.

Fenomena ini sejalan dengan temuan penelitian pada mesin briquetting tipe piston press yang menunjukkan bahwa distribusi tekanan yang tidak optimal akan menurunkan densitas dan kekuatan produk akibat kehilangan energi tekan selama proses kompresi (Swapnaja Kabirrao Jadhav & Surendra Kalbande, 2012). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa peningkatan tekanan kompresi secara langsung meningkatkan densitas mentah (*raw density*) dan menurunkan volume briket akibat reduksi porositas (Schipfer et al., 2024).

Setelah penambahan pelat penahan, deformasi lateral dapat diminimalkan sehingga gaya tekan lebih terfokus secara aksial. Secara mekanika, sistem berubah dari kondisi *unconfined compression* menjadi *confined compression*. Dalam kondisi ini, tegangan efektif antar partikel meningkat karena gaya reaksi lateral membantu menahan ekspansi material.

Penelitian mengenai efek tekanan kompresi pada biomassa kayu menunjukkan bahwa peningkatan tekanan efektif menyebabkan peningkatan kontak antar partikel dan reduksi void ratio, yang berkontribusi terhadap peningkatan stabilitas mekanik briket (Cavallo & Pampuro, 2017). Selain itu, optimasi parameter pembriketan, termasuk tekanan dan waktu tinggal, terbukti berpengaruh signifikan terhadap sifat termokimia dan karakteristik fisik briket (Anukam et al., 2026).

Dengan demikian, peningkatan tekanan pencetakan sebesar 100% dalam penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi struktural sederhana pada kondisi batas sistem mampu meningkatkan tekanan efektif tanpa meningkatkan sumber energi eksternal. Temuan ini

memperkuat bahwa kontrol deformasi lateral merupakan faktor kunci dalam meningkatkan efisiensi pemadatan biomassa.

Analisis Densitas dan Efektivitas Pemadatan

Densitas briket dihitung berdasarkan perbandingan antara massa briket dan volume silinder yang terbentuk setelah proses pencetakan. Volume briket ditentukan dari pengukuran diameter dan tebal briket, dengan asumsi bentuk briket menyerupai silinder sempurna. Massa briket diukur menggunakan timbangan digital, sedangkan dimensi diukur menggunakan jangka sorong dengan ketelitian tinggi. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Densitas Briket Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Perlakuan	Massa (g)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)
Tanpa Pelat Penahan	50,75	5,1	3,20	$6,54 \times 10^{-5}$	776
Dengan Pelat Penahan	54,75	5,1	3,25	$6,64 \times 10^{-5}$	825

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa densitas briket sebelum modifikasi sebesar 776 kg/m³, sedangkan setelah modifikasi meningkat menjadi 825 kg/m³, atau meningkat sebesar ±6,3%.

Peningkatan densitas ini menunjukkan bahwa proses pemadatan berlangsung lebih efektif setelah penambahan pelat penahan. Pada kondisi sebelum modifikasi, deformasi lateral menyebabkan sebagian energi tekan tidak sepenuhnya dikonversi menjadi energi pemadatan. Material mengalami ekspansi samping sehingga terbentuk rongga internal yang lebih besar dan struktur menjadi kurang kompak.

Fenomena ini sejalan dengan kajian tentang densifikasi biomassa yang menyatakan bahwa tekanan efektif dan stabilitas ruang kompresi berperan penting dalam menentukan kerapatan akhir briket (Ramdas et al., 2025). Studi mutu briket arang berbasis limbah biomassa juga menunjukkan bahwa peningkatan kerapatan berbanding lurus dengan peningkatan kualitas fisik dan stabilitas struktur produk (Studi Mutu Briket Arang dengan Bahan Baku Limbah Biomassa).

Setelah modifikasi, pelat penahan membatasi ekspansi lateral dan meningkatkan kondisi confined compression. Hal ini menyebabkan partikel biomassa mengalami peningkatan kontak antar partikel dan reduksi porositas. Penelitian mengenai pengaruh tekanan kompaksi terhadap densitas briket menunjukkan bahwa peningkatan tekanan efektif secara signifikan meningkatkan densitas dan menurunkan volume rongga internal (Peter Križan et al., 2014).

Penelitian lain mengenai desain mesin pencetak briket biomassa juga menegaskan bahwa konfigurasi ruang cetak dan distribusi tekanan mempengaruhi kerapatan produk akhir (Putra et al., n.d.). Selain itu, kajian mengenai bulk density dan particle density biomassa menunjukkan bahwa peningkatan densitas briket merupakan indikator keberhasilan proses kompaksi dalam mengurangi heterogenitas struktur partikel.

Densitas yang lebih tinggi tidak hanya meningkatkan stabilitas mekanik, tetapi juga berpengaruh terhadap performa pembakaran. Heterogenitas biomassa dan distribusi partikel berperan dalam kestabilan pembakaran, sehingga peningkatan densitas dapat membantu menghasilkan proses pembakaran yang lebih seragam (Walozi et al., 2026).

Dengan demikian, peningkatan densitas sebesar 6,3% dalam penelitian ini memperkuat bahwa pengendalian deformasi lateral melalui modifikasi kondisi batas sistem mampu meningkatkan efektivitas pemadatan biomassa. Hasil ini mendukung prinsip umum dalam mekanika material terkompresi bahwa peningkatan tekanan efektif akan menghasilkan struktur yang lebih kompak dan stabil.

Analisis Kuat Tekan dan Sifat Mekanik Briket

Kuat tekan merupakan salah satu parameter utama dalam menilai kualitas mekanik briket, karena berkaitan langsung dengan ketahanan terhadap beban, stabilitas selama penyimpanan, serta risiko kerusakan saat transportasi.

Tabel 3. Kuat Tekan Briket Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Perlakuan	Rata-rata (kg/m ²)
Tanpa Pelat Penahan	26,5
Dengan Pelat Penahan	31

Hasil menunjukkan bahwa kuat tekan meningkat dari 26,5 kg/m² menjadi 31 kg/m², atau meningkat sekitar 17% setelah penambahan pelat penahan.

Peningkatan ini berkorelasi langsung dengan peningkatan densitas yang telah dibahas sebelumnya. Dalam proses densifikasi biomassa, tekanan kompaksi yang lebih tinggi menghasilkan peningkatan kontak antar partikel, reduksi porositas, dan peningkatan kohesi internal material (Ajit Kaur et al., 2017). Hubungan antara tekanan pemadatan, densitas, dan kekuatan mekanik juga telah dilaporkan pada biomassa kayu, di mana peningkatan tekanan kompresi meningkatkan kuat tekan dan stabilitas struktural briket (Cavallo & Pampuro, 2017).

Penelitian mengenai pengaruh tekanan dan suhu pemadatan terhadap densitas dan sifat mekanik biomassa menunjukkan bahwa peningkatan tekanan efektif berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kuat tekan melalui peningkatan interlocking partikel dan gaya gesek internal (*Determination of Compacting Pressure and Pressing Temperature Impact on Biomass Briquettes Density*). Hal serupa juga dilaporkan pada studi performa mesin piston press, di mana distribusi tekanan yang lebih merata menghasilkan produk dengan kekuatan mekanik yang lebih baik (Swapnaja Kabirrao Jadhav & Surendra Kalbande, 2012).

Dari perspektif mekanika material, peningkatan kuat tekan mencerminkan peningkatan kemampuan struktur untuk mendistribusikan tegangan secara merata di seluruh volume briket. Prinsip ini sejalan dengan teori material terkompresi, di mana peningkatan densitas dan reduksi rongga internal akan meningkatkan kemampuan material dalam menahan beban aksial (Kijo-Kleczkowska & Gnatowski, 2024). Walaupun biomassa berbeda dengan material polimer, prinsip dasar peningkatan kekuatan akibat peningkatan kerapatan dan reduksi porositas tetap berlaku.

Selain itu, heterogenitas partikel biomassa dapat mempengaruhi distribusi tegangan selama pembebanan. Kajian kritis mengenai heterogenitas biomassa menunjukkan bahwa distribusi partikel yang lebih homogen dan kerapatan yang lebih tinggi menghasilkan respon mekanik yang lebih stabil (Walozi et al., 2026). Dengan demikian, peningkatan kuat tekan dalam penelitian ini tidak hanya menunjukkan peningkatan tekanan nominal, tetapi juga perbaikan kondisi distribusi tegangan akibat perubahan kondisi batas sistem pemadatan.

Secara keseluruhan, peningkatan kuat tekan sebesar 17% memperkuat bahwa penambahan pelat penahan berhasil meningkatkan kondisi confined compression, memperbaiki distribusi gaya dalam ruang cetak, serta menghasilkan struktur briket yang lebih kompak dan stabil secara mekanik.

Efisiensi Pemanfaatan Material

Efisiensi pemanfaatan material dihitung berdasarkan perbandingan antara berat briket setelah pencetakan dan berat bahan awal yang dimasukkan ke dalam cetakan.

Tabel 4. Efisiensi Pemanfaatan Material

Perlakuan	Berat Bahan Awal (g)	Berat Briket (g)	Efisiensi (%)
Tanpa Pelat Penahan	74	50,75	65,86
Dengan Pelat Penahan	74	54,75	67,57

Hasil menunjukkan bahwa efisiensi pemanfaatan material meningkat dari 65,86% menjadi 67,57%, atau meningkat sebesar 1,71% setelah penambahan pelat penahan.

Secara numerik peningkatan ini terlihat relatif kecil, namun secara mekanis perubahan tersebut menunjukkan bahwa kehilangan material akibat kebocoran dan deformasi lateral berkurang. Sebelum modifikasi, sebagian material terdorong keluar dari sistem akibat ekspansi samping yang tidak terkendali. Setelah penambahan pelat penahan, material lebih terperangkap dalam cetakan sehingga konversi bahan menjadi produk padat meningkat.

Dalam konteks produksi skala kecil atau UMKM, peningkatan efisiensi sebesar 1–2% dapat memberikan dampak kumulatif yang signifikan terhadap penghematan bahan baku dan stabilitas produksi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi alat pencetak hidrolik melalui penambahan pelat penahan pada silinder cetakan mampu meningkatkan kinerja sistem pemadatan dan kualitas mekanik briket limbah kulit asam secara signifikan.

Tekanan pencetakan meningkat sebesar 100%, dari 60 kg/m² menjadi 120 kg/m², tanpa adanya peningkatan kapasitas dongkrak hidrolik. Peningkatan ini menunjukkan bahwa modifikasi struktur pada kondisi batas sistem mampu meningkatkan efisiensi transmisi gaya.

Peningkatan tekanan efektif tersebut berdampak pada kenaikan densitas briket dari 776 kg/m³ menjadi 825 kg/m³ (meningkat ±6,3%), yang menunjukkan berkurangnya porositas dan meningkatnya tingkat pemadatan material. Sejalan dengan itu, kuat tekan briket meningkat sebesar ±17%, dari 26,5 kg/m² menjadi 31 kg/m², yang mengindikasikan perbaikan stabilitas dan ketahanan mekanik produk.

Efisiensi pemanfaatan material juga meningkat dari 65,86% menjadi 67,57%, menunjukkan berkurangnya kehilangan bahan akibat deformasi lateral selama proses pencetakan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menegaskan bahwa pengendalian deformasi lateral melalui penambahan pelat penahan mampu mengubah kondisi sistem dari unconfined compression menjadi confined compression, sehingga meningkatkan tekanan efektif, densitas, dan kekuatan mekanik briket. Pendekatan rekayasa sederhana ini dapat diterapkan sebagai solusi teknologi tepat guna untuk meningkatkan performa alat pencetak briket skala laboratorium maupun usaha kecil tanpa meningkatkan kebutuhan energi.

Daftar Pustaka

Abineno, J. C., Dethan, J. J. S., Bunga, F. J. H., & Bunga, E. H. (2024). Characterization and performance analysis of Kesambi branch biomass briquettes: A study on particle size effects. *Journal of Ecological Engineering*, 26(1), 213–222. <https://doi.org/10.12911/22998993/195643>

- Ajit Kaur, Madhuka Roy, & Krishnendu Kundu. (2017). *DENSIFICATION OF BIOMASS BY BRIQUETTING: A REVIEW*.
https://www.researchgate.net/publication/320946222_DENSIFICATION_OF_BIOMASS_BY_BRIQUETTING_A_REVIEW
- Anukam, A., Berghel, J., Henrikson, G., Frodeson, S., & Ståhl, M. (2026). Optimization of briquetting parameters and their effects on thermochemical fuel properties of biowaste briquettes. *Bioresource Technology*, 439, 133277. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111249>
- Bunga, F. J. H., Dethan, J. J. S., Bullu, N. I., Hetharia, G. E., & Bunga, E. Z. H. (2024). Comparative analysis of predictive models for Tamarindus indica waste briquettes higher heating value. *Journal of Ecological Engineering*, 26(1), 345–354. <https://doi.org/10.12911/22998993/195883>
- Cavallo, E., & Pampuro, N. (2017). Effects of Compressing Pressure on Briquettes Made from Woody Biomass. *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, 58. <https://doi.org/10.3303/CET1758087>
- Dethan, J. J. S. (2024a). Evaluation of an empirical model for predicting the calorific value of biomass briquettes from candlenut shells and kesambi twigs. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering (AFSSAAE)*, 7(3), 253–264. <https://doi.org/10.21776/UB.AFSSAAE.2024.007.03.6>
- Dethan, J. J. S. (2024b). Statistical models for predicting the higher heating value of torrefied kesambi leaves. *Journal of Water and Land Development*, 86–90. <https://doi.org/10.24425/jwld.2024.151793>
- Dethan J.J.S., Adisasmito, S., Bale-Therik, J. F., Telupere, F. S., & Lalel, H. J. D. (2024). Characteristics of kesambi leaf torrefaction biomass. *AIP Conference Proceedings*, 050016. <https://doi.org/10.1063/5.0193717>
- Dethan JJS, Bale-Therik, J. F., Lalel, H. J. D., & Telupere, F. M. S. (2024). Optimisation of Particle Size of Torrefied Kesambi Leaf and Binder Ratio on the Quality of Biobriquettes. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 12(1). <https://doi.org/10.13044/J.SDEWES.D12.0490>
- Huda, M. S., Dethan, J. J. S., Bunga, F. J. H., Koehuan, J. E., Kette, A. U. S., Lano, M., Makaborang, M., & Abineno, J. C. (2024). STUDI PENGGUNAAN RANTING KESAMBI SEBAGAI BAHAN BAKU BRIKET: PENGARUH JENIS PEREKAT TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN EFISIENSI PEMBAKARAN. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian*, 7(1), 163–172. <https://ejurnal.politanikoe.ac.id/index.php/psnp/article/view/389>
- Kijo-Kleczkowska, A., & Gnatowski, A. (2024). Special Issue “Advances in Thermal and Mechanical Properties of Polymeric Materials.” *Materials*, 17(1). <https://doi.org/10.3390/ma17010079>
- Oluwamayokun SOYOYE, B., Olawale AKINGBA, O., & Solomon CHARLES, E. (2024). Development and Evaluation Analysis of a Briquetting Machine. *American Journal of Engineering Research*, (13), 12–22. www.ajer.org
- Peter Križan, Michal Svátek, Miloš Matúš, & Juraj Beniak. (2014). *Determination of compacting pressure and pressing temperature impact on biomass briquettes density and their mutual interactions*.
https://www.researchgate.net/publication/265376207_Determination_of_compacting_pressure_and_pressing_temperature_impact_on_biomass_briquettes_density_and_their_mutual_interactions

- Prasetyo, A. B., Sutrisna, Hartana, D. R., Assagaf, I. P. A., Sekarjati, K. A., Saputro, A. S., Lefmanut, D. D., & Rahayu, A. (2025). THE INFLUENCE OF BRIQUETTE MOLDS ON BRIQUETTE CHARACTERISTICS IN HYDRAULIC PRESS MACHINE. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 10(1), 21–32. <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v10i1.606>
- Putra, A. N., Sabri, M., & Bin Nur, T. (n.d.). *Design and analysis of biomass pyrolysis briquette molding machine*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130604024>
- Ramdas, V., Njokweni, S. G., Letsoalo, P., Motaung, S., & Ramchuran, S. O. (2025). Bio-Coal Briquetting as a Potential Sustainable Valorization Strategy for Fine Coal: A South African Perspective in a Global Context. *Energies* 2025, Vol. 18, 18(14). <https://doi.org/10.3390/en18143746>
- Schipfer, F., Kranzl, L., Olsson, O., & Lamers, P. (2024). Influence of pressure and retention time on briquette volume and raw density during biomass densification with an industrial stamp briquetting machine. *Renewable Energy*, 229, 120773. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118636>
- Swapnaja Kabirrao Jadhav, & Surendra Kalbande. (2012). *Growing demand for energy results in increasing*.
- Walozi, R., Onep, G. S., Sanusi, Y. S., Babiker, O. E., Dennison, M. S., Candia, A., & Okurut, S. (2026). Critical review of biomass heterogeneity effects on briquette combustion. *Discover Applied Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-08212-6>