E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 7915-7945
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

Rancang Bangun Mesin Pencetak Briket Tongkol Jagung dengan Tipe Piston Tekan Menggunakan Metode VDI 2222

Nanda Riswan[1], Ajat Zatmika[2], Bilhan Gamaliel Hartanto[3]

[123]Universitas Krisnadwipayana
e-mail: nandariswan07@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan limbah tongkol jagung sebagai bahan baku briket memerlukan mesin pencetak yang mampu melakukan pemampatan secara mekanis dengan konstruksi sederhana dan biaya terjangkau. Penelitian ini bertujuan merancang, membangun, dan menguji mesin pencetak briket tongkol jagung tipe piston tekan menggunakan metode VDI 2222. Penelitian menerapkan pendekatan rekayasa melalui empat tahap, yaitu perencanaan, pengembangan konsep, perancangan, dan penyelesaian. Proses penelitian mencakup identifikasi kebutuhan, penyusunan alternatif fungsi, evaluasi konsep menggunakan *objective tree* dan *selection chart*, pembuatan gambar teknik, analisis konstruksi, fabrikasi, serta pengujian operasional dan kapasitas produksi. Hasil evaluasi menetapkan varian konsep pertama sebagai rancangan terpilih dengan skor 73% berdasarkan pertimbangan teknis, ekonomi, kemudahan perakitan, dan ketersediaan komponen. Mesin menggunakan motor listrik berdaya 750 W dengan putaran 1.420 rpm, sistem transmisi pulley dan sabuk-V, gearbox, serta mekanisme piringan engkol untuk menggerakkan piston penekan. Rangka mesin memiliki dimensi 650 × 420 × 620 mm dan menggunakan besi hollow hitam. Pengujian menunjukkan bahwa mesin mampu memampatkan arang tongkol jagung menjadi briket berpenampang persegi dengan kapasitas produksi 11,94 kg/jam, melampaui target perancangan sebesar 11 kg/jam. Biaya

pembuatan mesin mencapai Rp2.973.000. Penelitian ini menghasilkan mesin pencetak briket yang memenuhi target kapasitas dan batas anggaran perancangan serta dapat mendukung pengolahan limbah tongkol jagung menjadi bahan bakar alternatif.

Kata kunci: *briket, tongkol jagung, piston tekan, rancang bangun mesin, VDI 2222.*

Abstract

Utilizing corncob waste as a raw material for briquettes requires a molding machine that provides mechanical compaction through a simple structure at an affordable cost. This study aimed to design, construct, and test a piston-press corncob briquette molding machine using the VDI 2222 method. The study adopted an engineering approach comprising four stages: planning, concept development, design, and completion. The process included identifying requirements, developing functional alternatives, evaluating concepts using an objective tree and selection chart, preparing technical drawings, analyzing the structure, fabricating the machine, and testing its operation and production capacity. The concept evaluation identified the first variant as the preferred design, with a score of 73%, based on technical and economic considerations, ease of assembly, and component availability. The machine uses a 750 W electric motor operating at 1,420 rpm, a pulley and V-belt transmission, a gearbox, and a crank-disc mechanism to drive the pressing piston. The machine frame measures 650 × 420 × 620 mm and consists of hollow steel sections. Testing demonstrated that the machine could compact corncob charcoal into briquettes with a square cross-section at a production capacity of 11.94 kg/h, exceeding the design target of 11 kg/h. The total fabrication cost was IDR 2,973,000. This study produced a briquette molding machine that meets the specified production capacity and budget requirements and can support the conversion of corncob waste into an alternative fuel.

Keywords : *briquettes, corncobs, piston press, machine design and construction, VDI 2222.*

E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 7915-7945
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

LATAR BELAKANG

Transisi energi global menuntut pengembangan teknologi yang mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus memanfaatkan sumber daya secara lebih efisien. Meskipun teknologi energi terbarukan terus berkembang, emisi karbon dioksida dari sumber fosil belum menunjukkan penurunan secara global. Friedlingstein et al. (2026) dalam Global Carbon Budget 2025 memperkirakan emisi CO_2 fosil mencapai 38,1 miliar ton pada 2025, meningkat sekitar 1,0% dibandingkan 2024. Kondisi tersebut memperlihatkan pentingnya diversifikasi energi melalui berbagai jalur teknologi, termasuk pemanfaatan residu pertanian sebagai bahan bakar padat. Pengembangan jalur ini membutuhkan dukungan peralatan pengolahan yang dapat mengubah residu bernilai rendah menjadi produk yang lebih mudah ditangani dan digunakan.

Biomassa lignoselulosa merupakan salah satu sumber bahan baku yang relevan untuk mendukung diversifikasi tersebut. Namun, pemanfaatannya menghadapi kendala berupa densitas curah rendah, bentuk tidak seragam, serta kesulitan pengumpanan, penyimpanan, dan pengangkutan. Gong et al. (2023) menjelaskan bahwa densifikasi dapat mengatasi sebagian kendala fisik tersebut sekaligus mendukung integrasi biomassa dalam rantai pasok energi. Melalui proses pemadatan, partikel biomassa dibentuk menjadi produk dengan geometri dan kerapatan yang lebih terkendali. Dengan demikian, manfaat densifikasi tidak hanya berkaitan dengan pembentukan bahan bakar, tetapi juga dengan perbaikan penanganan material. Keberhasilannya tetap bergantung pada kesesuaian karakteristik bahan, parameter operasi, dan teknologi pemadatan yang digunakan.

Tongkol jagung merupakan residu pertanian yang berpotensi dimanfaatkan melalui teknologi tersebut. Setelah biji jagung dipisahkan, tongkol dapat diolah menjadi bahan baku briket untuk meningkatkan nilai gunanya. Nandiyanto et al. (2022) mengkaji rancangan proses dan aspek teknoekonomi produksi briket tongkol jagung serta menunjukkan peluang penggunaan peralatan dan bahan yang tersedia secara komersial. Akan tetapi, potensi bahan baku tidak secara langsung menjamin keberhasilan produksi.

Pengolahan tongkol menjadi briket memerlukan keterpaduan antara persiapan bahan, pemilihan perekat, pencetakan, dan penanganan produk. Oleh karena itu, pengembangan mesin pencetak menjadi bagian penting dalam menjembatani potensi pemanfaatan residu dengan kemampuan produksi yang dapat diterapkan pada tingkat pengguna.

Landasan teoretis penelitian ini bertumpu pada prinsip densifikasi material partikulat dan pendekatan perancangan teknik sistematis. Dalam densifikasi, gaya tekan memperkecil ruang antarp partikel dan meningkatkan kontak yang memungkinkan terbentuknya ikatan pada produk hasil pemadatan. Obi et al. (2022) menjelaskan bahwa kekuatan kohesi briket dipengaruhi oleh karakteristik bahan dan penggunaan perekat, sedangkan penilaian kualitas perlu memperhatikan sifat mekanis serta kemampuan penanganannya. Berdasarkan prinsip tersebut, mesin pencetak berfungsi sebagai sistem yang menyediakan gerakan dan pembebanan untuk membentuk material. Perancangan mesin perlu menghubungkan kebutuhan pemampatan dengan mekanisme penggerak, bentuk cetakan, serta kemampuan konstruksi dalam menerima beban selama pengoperasian.

Perkembangan kajian densifikasi memperlihatkan perluasan perhatian dari pembentukan produk menuju keterkaitan antara perlakuan bahan, proses pemadatan, dan karakteristik bahan bakar. Eling et al. (2024) membandingkan densifikasi biomassa mentah dan biomassa tertorefaksi, termasuk sifat fisik, mekanis, pembakaran, dan emisinya. Sementara itu, Waheed et al. (2022) menjelaskan bahwa perlakuan termal dapat memperbaiki karakteristik tertentu, tetapi produk berbentuk serbuk tetap membutuhkan pemadatan untuk memudahkan penanganan. Kedua kajian tersebut menunjukkan bahwa persiapan bahan dan pencetakan merupakan proses yang saling terkait. Meskipun demikian, hasil penelitian pada biomassa tertorefaksi tidak dapat langsung dipindahkan kepada arang tongkol jagung karena perbedaan perlakuan awal dapat menghasilkan perilaku pemadatan yang berbeda.

Literatur juga memperlihatkan adanya kompromi antara peningkatan kualitas briket dan kebutuhan operasi mesin. Demirel (2024) menguji mesin hidrolik menggunakan residu tanaman aprikot pada tekanan 80–160 MPa. Penelitian tersebut memperoleh karakteristik

kekuatan dan ketahanan briket terbaik pada tekanan 160 MPa, sedangkan kapasitas tertinggi tercapai pada tekanan 80 MPa. Konsumsi energi spesifik tertinggi juga ditemukan pada tekanan 160 MPa. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan tekanan tidak selalu menghasilkan kondisi operasi paling menguntungkan untuk seluruh indikator. Meskipun bahan dan mekanismenya berbeda dari penelitian ini, hasil tersebut memberikan dasar untuk mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan pemadatan, kapasitas produksi, energi, dan kemampuan komponen mesin.

Perdebatan lain berkaitan dengan anggapan bahwa briket berbahan biomassa selalu memiliki kinerja lingkungan yang lebih baik. Ngene et al. (2024) menjelaskan bahwa karakteristik mekanis dan lingkungan briket biochar dipengaruhi oleh bahan baku, kondisi pirolisis, teknologi densifikasi, dan perekat. Kandungan unsur tertentu juga dapat menimbulkan polutan saat pembakaran. Oleh sebab itu, kemampuan mesin menghasilkan briket tidak dapat langsung dijadikan bukti penurunan emisi atau peningkatan nilai kalor. Dalam penelitian perancangan mesin, batas evaluasi perlu dinyatakan secara jelas agar kapasitas pencetakan, kualitas bahan bakar, dan dampak lingkungan tidak diperlakukan sebagai indikator yang sama. Pemisahan tersebut membantu menghasilkan argumentasi dan kesimpulan yang sesuai dengan pengujian yang dilakukan.

Dari sisi metodologi, penelitian terdahulu dapat dipetakan ke dalam kajian material, evaluasi proses, analisis teknoekonomi, dan pengembangan peralatan. Kajian material menelaah perekat serta karakteristik fisik dan mekanis briket, sedangkan evaluasi proses menguji pengaruh parameter pemadatan terhadap hasil produksi. Analisis teknoekonomi menilai hubungan antara rancangan proses, kebutuhan bahan, dan kelayakan usaha. Sementara itu, pengembangan peralatan mencakup variasi mesin manual, hidrolik, mekanis, dan ekstrusi ulir. Pemetaan Obi et al. (2023) menunjukkan keragaman teknologi produksi bahan bakar padat beserta keterbatasan penerapannya. Keragaman tersebut menegaskan bahwa pemilihan mesin harus mempertimbangkan kebutuhan pengguna dan kondisi operasional, bukan hanya kemampuan menghasilkan gaya tekan.

Pada mesin tipe piston tekan mekanis, sistem transmisi meneruskan putaran motor menuju mekanisme yang menghasilkan gerak bolak-balik piston. Mekanisme ini

menawarkan konfigurasi yang dapat dikembangkan menggunakan komponen penggerak dan transmisi yang tersedia di pasaran. Namun, penerapannya memerlukan perhatian terhadap keselarasan poros, gerakan piston, aliran bahan, dan geometri cetakan. Beban berulang juga menuntut pertimbangan konstruksi rangka serta sambungan. Oleh karena itu, persoalan perancangan tidak berhenti pada pemilihan motor atau piston, melainkan mencakup keterpaduan seluruh fungsi mesin. Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini menempatkan mekanisme piston sebagai bagian dari sistem pencetakan yang harus dirancang dan dievaluasi secara menyeluruh.

Dalam konteks penelitian ini, proses perancangan dan pembuatan mesin dilaksanakan di CV. Kito Multi Industri, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Lingkungan fabrikasi tersebut menjadi konteks penerapan rancangan yang mempertimbangkan ketersediaan material, kemampuan proses manufaktur, kemudahan perakitan, dan biaya pembuatan. Tesis menetapkan kebutuhan mesin dengan target kapasitas lebih dari 11 kg/jam dan batas anggaran Rp4.000.000. Kebutuhan tersebut mengarahkan pengembangan pada mesin yang relatif ringkas dengan komponen yang dapat diperoleh dan dirakit secara lokal. Namun, keterjangkauan biaya tetap perlu diimbangi dengan analisis konstruksi dan pengujian operasional agar rancangan memiliki dasar teknis yang dapat ditelusuri.

Pendekatan perancangan sistematis diperlukan untuk menerjemahkan kebutuhan tersebut menjadi keputusan pemilihan komponen dan konfigurasi mesin. Formentini et al. (2022) menunjukkan bahwa pertimbangan manufaktur dan perakitan perlu diintegrasikan dalam pengembangan produk mekanis. Perspektif ini mendukung pentingnya mengevaluasi kemudahan pembuatan sejak tahap perancangan, meskipun pendekatan design for manufacturing and assembly berbeda dari VDI 2222. Penelitian ini menggunakan VDI 2222 melalui tahapan perencanaan, pengembangan konsep, perancangan, dan penyelesaian sebagaimana diterapkan dalam tesis. Penyusunan daftar kebutuhan, struktur fungsi, alternatif solusi, dan evaluasi konsep memungkinkan alasan pemilihan rancangan dijelaskan secara lebih transparan sebelum mesin diwujudkan melalui proses fabrikasi.

Berdasarkan sintesis tersebut, kesenjangan penelitian terletak pada kebutuhan menghubungkan pengetahuan tentang pemadatan biomassa dengan keputusan perancangan mesin yang memenuhi batasan fabrikasi lokal. Kajian Nandiyanto et al. (2022) memberikan dasar proses dan ekonomi briket tongkol jagung, sedangkan Demirel (2024) memperlihatkan kompromi antara tekanan, kapasitas, dan energi pada sistem hidrolik. Sementara itu, Formentini et al. (2022) menekankan integrasi pertimbangan manufaktur dalam pengembangan produk. Ketiga arah kajian tersebut menyediakan dasar yang saling melengkapi, tetapi belum menjawab konfigurasi spesifik yang dikembangkan dalam tesis ini. Kontribusi penelitian diarahkan pada penerapan VDI 2222 untuk mengintegrasikan pemilihan konsep, konstruksi, fabrikasi, biaya, dan pengujian kapasitas mesin piston tekan berbahan baku arang tongkol jagung.

Dengan demikian, kebaruan penelitian bersifat terapan dan kontekstual melalui pengembangan konfigurasi mesin yang sesuai dengan kebutuhan serta batasan perancangan yang ditetapkan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun mesin pencetak briket tongkol jagung tipe piston tekan menggunakan metode VDI 2222, menganalisis konstruksi rangka dan sambungannya, serta menguji pengoperasian dan kapasitas produksi mesin. Evaluasi juga mencakup kebutuhan biaya pembuatan untuk menilai kesesuaiannya dengan anggaran rancangan. Hasil penelitian diharapkan memberikan dasar teknis bagi pengembangan mesin pencetak yang dapat difabrikasi secara lokal sekaligus menyediakan informasi terukur mengenai kemampuan operasionalnya. Kontribusi tersebut menjadi pijakan bagi pengujian lanjutan terhadap konsistensi produk, konsumsi energi, dan kualitas briket.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain penelitian rekayasa melalui kegiatan perancangan, pembuatan, dan pengujian fungsional prototipe mesin pencetak briket tongkol jagung tipe piston tekan. Pendekatan penelitian menggabungkan kajian teoretis untuk menentukan konfigurasi dan menghitung konstruksi mesin dengan pengujian langsung untuk mengevaluasi pengoperasian serta kapasitas pencetakan. Pengembangan

prototipe dan pengujian merupakan pendekatan yang relevan dalam penelitian peralatan densifikasi biomassa karena memungkinkan peneliti menghubungkan keputusan desain dengan kemampuan mesin yang diwujudkan (Ibitoye et al., 2024). Penelitian dilaksanakan di CV. Kito Multi Industri, Kecamatan Tambun Utara, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, pada semester genap tahun akademik 2025/2026, dengan jadwal kegiatan perancangan, pemilihan bahan, pembuatan, dan pengambilan data yang disusun pada April–Juni 2026.

Objek penelitian adalah satu prototipe mesin pencetak briket yang menggunakan mekanisme piston tekan mekanis, sedangkan bahan uji berupa arang tongkol jagung. Unit analisis mencakup konfigurasi mesin, rangka, sambungan las, sambungan baut, serta kemampuan mesin mengeluarkan produk hasil pencetakan. Penelitian berfokus pada pengembangan peralatan dan kapasitas operasional. Pemilihan fokus ini mempertimbangkan bahwa karakteristik bahan dan kondisi pengolahan dapat memengaruhi hasil densifikasi, sehingga evaluasi mesin perlu dibedakan dari pengujian kualitas bahan bakar (Eling et al., 2024). Kajian Waheed et al. (2022) juga menunjukkan pentingnya membedakan karakteristik bahan hasil perlakuan termal dari proses pemadatannya. Oleh karena itu, hasil pengujian dalam penelitian ini ditafsirkan sesuai ruang lingkup pencetakan arang tongkol jagung yang digunakan.

Sumber data penelitian terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer berasal dari identifikasi kebutuhan rancangan, pengamatan proses pembuatan dan perakitan, dimensi komponen, penilaian alternatif konsep, catatan kebutuhan biaya, serta data massa dan waktu keluarnya briket pada pengujian mesin. Data sekunder berasal dari gambar teknik, informasi spesifikasi komponen, karakteristik material yang digunakan dalam perhitungan, serta literatur ilmiah mengenai perancangan dan densifikasi biomassa. Literatur digunakan untuk mendukung pertimbangan teknis dan interpretasi, sedangkan spesifikasi serta prosedur pembuatan mengikuti rancangan dalam penelitian. Pemisahan sumber data tersebut diperlukan karena kinerja densifikasi bergantung pada interaksi antara bahan, parameter proses, dan teknologi mesin yang diterapkan (Gong et al., 2023).

Metode perancangan menggunakan VDI 2222 yang dioperasionalkan melalui tahap perencanaan, pengembangan konsep, perancangan, dan penyelesaian. Tahap perencanaan diawali dengan studi pendahuluan dan pengumpulan informasi mengenai kebutuhan mesin, peralatan, serta bahan. Informasi tersebut disusun menjadi daftar periksa dan daftar kehendak yang membedakan persyaratan wajib (demands) dari keinginan pengembangan (wishes). Parameter yang dipertimbangkan meliputi geometri, mekanisme gaya tekan, sumber energi, material, pengoperasian, keselamatan, kapasitas produksi, perawatan, perakitan, dan biaya. Sasaran rancangan mencakup dimensi mesin 650 × 420 × 620 mm, kapasitas produksi lebih dari 11 kg/jam, serta batas biaya pembuatan Rp4.000.000. Pertimbangan ketersediaan komponen, kemudahan perawatan, dan biaya juga relevan dengan pengembangan teknologi produksi bahan bakar padat yang dapat difabrikasi secara lokal (Obi et al., 2023).

Tahap pengembangan konsep dilakukan dengan menguraikan fungsi keseluruhan mesin menjadi fungsi bagian berdasarkan aliran energi, material, dan sinyal pengoperasian. Fungsi bagian mencakup sumber tenaga, reduksi putaran, konversi gerak, sistem penekan, rangka, cetakan, pengumpanan bahan, dan pengendalian pengoperasian. Setiap fungsi dikembangkan menjadi beberapa alternatif komponen, kemudian digabungkan menjadi tiga varian konsep. Penyaringan alternatif menggunakan selection chart dengan mempertimbangkan kesesuaian fungsi, pemenuhan kebutuhan, biaya, kemungkinan penerapan, dan keamanan. Selanjutnya, evaluasi menggunakan objective tree dan penilaian konsep digunakan untuk membandingkan alternatif. Persentase penilaian dihitung dengan membagi skor total setiap varian dengan skor ideal sebesar 64, kemudian mengalikannya dengan 100%. Nilai tersebut digunakan sebagai alat bantu pemilihan rancangan dan tidak ditafsirkan sebagai ukuran efisiensi mesin.

Tahap perancangan menerjemahkan konsep terpilih menjadi susunan komponen serta gambar teknik dua dan tiga dimensi. Penentuan konfigurasi mempertimbangkan

hubungan antarkomponen, kebutuhan ruang, pemasangan, dan proses pembuatan. Pertimbangan manufaktur serta perakitan ditempatkan sejak tahap desain agar bentuk komponen sesuai dengan kemampuan fabrikasi yang tersedia. Prinsip ini sejalan dengan kajian Formentini et al. (2022), yang menekankan integrasi pertimbangan pembuatan dan perakitan dalam pengembangan produk mekanis. Dalam penelitian ini, VDI 2222 tetap menjadi metode utama, sedangkan literatur manufaktur digunakan sebagai dukungan konseptual bagi pertimbangan kemudahan pembuatan dan pemasangan komponen.

Komponen penggerak menggunakan motor listrik AC satu fase berdaya nominal 750 W, tegangan 220 V, dan putaran nominal 1.420 rpm. Sistem transmisi terdiri atas pulley, sabuk-V tipe A, dan gearbox WPA 40 yang meneruskan putaran menuju piringan engkol serta batang penghubung untuk menghasilkan gerak bolak-balik piston. Rangka menggunakan besi hollow hitam berpenampang 40 × 40 mm dengan ketebalan 2 mm. Piston menggunakan aluminium berdiameter 80 mm, sedangkan cetakan berbentuk persegi menggunakan besi hollow dengan ukuran nominal 40 mm dan panjang 130 mm. Hopper memiliki bukaan atas 190 × 190 mm, bukaan bawah 50 × 50 mm, tinggi 115 mm, dan ketebalan pelat 1 mm. Pemilihan konfigurasi tersebut mengikuti kebutuhan rancangan penelitian dengan mempertimbangkan akses terhadap bahan dan komponen. Pertimbangan penggunaan peralatan yang tersedia secara komersial juga ditemukan dalam kajian pengembangan proses briket tongkol jagung oleh Nandiyanto et al. (2022).

Tahap penyelesaian meliputi fabrikasi dan perakitan komponen berdasarkan gambar rancangan. Proses pembuatan mencakup pengukuran, penandaan, pemotongan, pembubutan, pengeboran, pembentukan pelat, pengelasan, dan pemasangan komponen. Peralatan yang digunakan meliputi alat ukur panjang, jangka sorong, siku, gerinda, mesin bor, mesin bubut, mesin las, dan perkakas perakitan. Rangka disambung menggunakan proses shielded metal arc welding dengan elektroda RD-260 AWS E6013, sedangkan sambungan komponen yang memerlukan pembongkaran menggunakan baut dan mur.

Perakitan menyatukan rangka, motor, transmisi, mekanisme engkol, piston, silinder, hopper, dan cetakan menjadi satu sistem pencetakan.

Analisis konstruksi dilakukan secara analitis menggunakan prinsip statika dan perhitungan mekanika teknik. Analisis rangka mencakup keseimbangan gaya serta momen untuk menentukan reaksi tumpuan berdasarkan pembebanan yang dimodelkan. Analisis sambungan las sudut mempertimbangkan ukuran las, panjang sambungan, tebal efektif, dan kekuatan material. Analisis sambungan baut menggunakan diameter nominal M8, jumlah baut, luas penampang, kekuatan geser, serta kondisi bidang geser yang melalui bagian berulir atau tidak berulir. Alat analisis data berupa perhitungan teknik, matriks evaluasi konsep, dan perhitungan deskriptif kuantitatif. Analisis konstruksi dibatasi pada perhitungan yang dilakukan dalam penelitian dan tidak mencakup simulasi elemen hingga.

Pengujian fungsional dilakukan dengan mengoperasikan mesin dan mengamati penerusan gerak dari motor menuju sistem transmisi serta piston penekan. Bahan uji dimasukkan melalui hopper, kemudian piston mendorongnya melalui silinder menuju cetakan. Pengamatan diarahkan pada kemampuan mekanisme untuk bergerak, mengalirkan bahan, memampatkan bahan, dan mengeluarkan briket. Produk yang keluar dari cetakan dipotong secara manual sesuai panjang yang dikehendaki. Pemilihan indikator operasional ini mempertimbangkan bahwa evaluasi peralatan dan evaluasi sifat produk merupakan pengukuran yang berbeda. Sebagai contoh, Demirel (2024) mengevaluasi kapasitas mesin bersama sifat briket dan konsumsi energi menggunakan pengukuran tersendiri untuk setiap indikator.

Kapasitas pencetakan dianalisis berdasarkan perbandingan massa produk dengan waktu keluarnya produk menggunakan hubungan (Q=3.600m/t), dengan (Q) sebagai kapasitas dalam kg/jam, (m) sebagai massa briket dalam kilogram, dan (t) sebagai waktu dalam detik. Dengan demikian, nilai kapasitas merupakan estimasi laju keluaran berdasarkan data massa dan waktu yang dicatat, bukan hasil pengoperasian kontinu

selama satu jam. Hasil perhitungan dibandingkan dengan target kapasitas rancangan. Analisis biaya dilakukan dengan menjumlahkan kebutuhan pembelian material, komponen, bahan habis pakai, dan tenaga kerja, kemudian membandingkannya dengan batas anggaran pembuatan. Analisis tersebut digunakan untuk menilai kesesuaian biaya fabrikasi dan tidak mencakup perhitungan kelayakan investasi usaha.

Interpretasi hasil dibatasi pada pemilihan konsep, pembuatan prototipe, perhitungan konstruksi, pengoperasian, kapasitas pencetakan, dan biaya fabrikasi. Penelitian tidak menggunakan kapasitas produksi sebagai pengganti pengujian densitas, ketahanan mekanis, nilai kalor, atau emisi pembakaran. Obi et al. (2022) menunjukkan bahwa karakteristik mekanis dan kemampuan penanganan briket memerlukan indikator pengujian tersendiri, sedangkan Ngene et al. (2024) menegaskan bahwa karakteristik lingkungan briket biochar dipengaruhi oleh bahan serta proses pengolahannya. Oleh karena itu, kesimpulan mengenai kualitas bahan bakar dan dampak lingkungan memerlukan pengujian lanjutan di luar ruang lingkup penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Mesin Menggunakan Metode VDI 2222

Penelitian ini menghasilkan mesin pencetak briket tongkol jagung dengan mekanisme piston tekan yang digerakkan oleh motor listrik. Pengembangan mesin dilakukan melalui tahapan perencanaan, pengembangan konsep, perancangan, dan penyelesaian. Hasil perancangan meliputi penetapan kebutuhan, pemilihan alternatif fungsi, evaluasi konsep, penentuan spesifikasi komponen, fabrikasi, dan pengujian operasional. Mesin terdiri atas rangka, motor listrik, sistem transmisi, gearbox, piringan engkol, batang penghubung, piston, silinder, hopper, corong, dan cetakan. Rangkaian komponen tersebut mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis untuk mendorong bahan baku melalui cetakan hingga menghasilkan material briket.

Tahap perencanaan menghasilkan daftar kehendak yang membedakan persyaratan wajib atau demands dan karakteristik yang diinginkan atau wishes. Persyaratan mencakup

penggunaan mekanisme piston tekan, kemudahan pengoperasian, akses pembersihan silinder, serta penyambungan komponen rangka. Sementara itu, karakteristik yang diinginkan meliputi ukuran keseluruhan mesin, penggunaan penggerak satu fase, kapasitas pencetakan, dan batas biaya pembuatan. Pengelompokan kebutuhan tersebut menjadi dasar untuk mengembangkan alternatif yang sesuai dengan fungsi mesin dan kemampuan fabrikasi. Daftar kehendak perancangan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Kehendak Perancangan Mesin Pencetak Briket

No	Faktor	Permintaan *(Demand)* Keinginan *(Wishes)*	Kebutuhan
1.	Geometri	W	650mm x 420mm x 620mm.
2.	Gaya	D	Tekan piston
3.	Energi	W	1 phase 1420 rpm
4.	Material	D	Tahan korosi, aus, dan panas
5.	Sinyal	D	Piringan Reducer berputar, piston menekan arang briket.
6.	Keselamatan	W	Memilih lokasi penempatan alat yang aman untuk pengoprasian.
7.	Produksi	W	> 11 kg/jam
8.	Ergonomis	D	Memiliki pengoperasian alat yang tidak terlalu rumit.
9.	Kualitas Kontrol	D	Melakukan kalibrasi dan standarisasi
10.	Perawatan	D	Mudah pembersihan bagian dalam silinder piston.

11.	Perakitan	D	Pengunaan las dan kawat listrik maupun agar rangka menjadi kokoh dan presisi.
12.	Biaya	W	Budjet max 4 juta

Berdasarkan Tabel 1, mesin dirancang untuk menggunakan motor listrik satu fase dengan sasaran kapasitas lebih dari 11 kg/jam dan anggaran maksimum Rp4.000.000.

%	Nilai Ideal	Varian 1	Varian 2	Varian 3
Total Nilai	64	47	38	40
Nilai %	100%	73%	59%	62%

Kebutuhan tersebut mengarahkan pemilihan komponen penggerak dan sistem transmisi yang tersedia secara komersial. Akses pembersihan silinder juga menjadi pertimbangan karena ruang penekan bersentuhan langsung dengan bahan baku. Selain itu, konstruksi perlu memungkinkan pemasangan dan pelepasan komponen tertentu untuk mendukung pemeliharaan. Parameter seperti ketahanan korosi, kenyamanan pengguna, dan keselamatan merupakan kebutuhan desain yang masih memerlukan pengujian khusus untuk menentukan tingkat pencapaiannya.

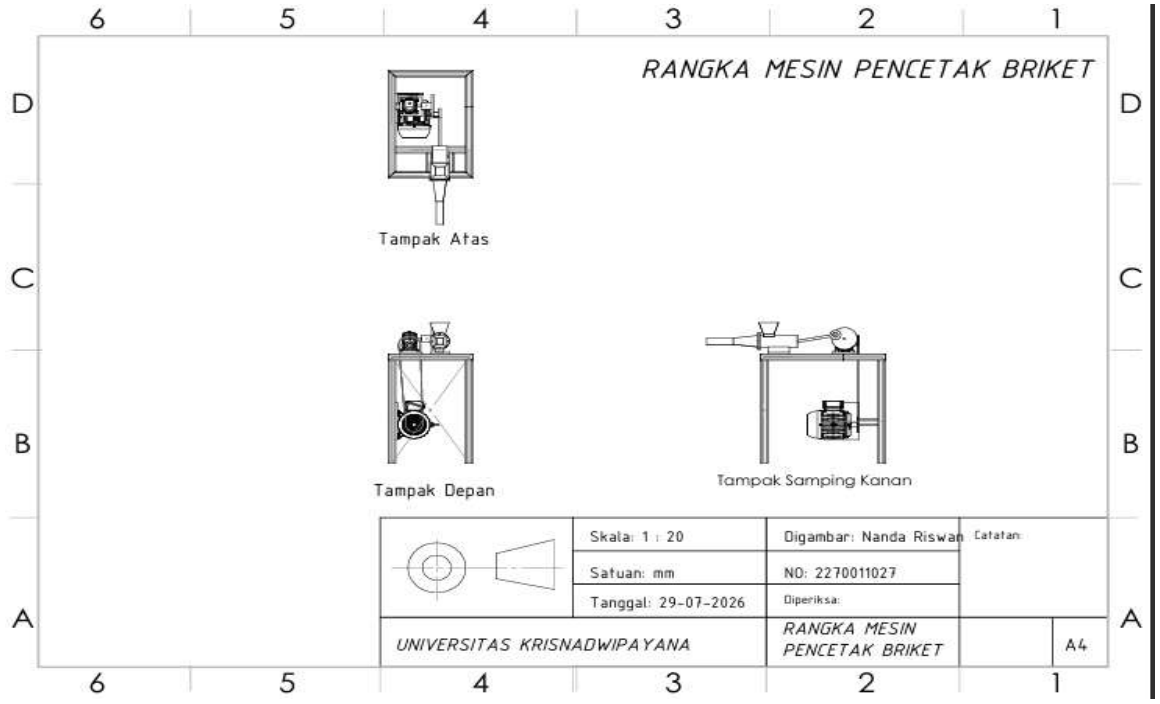
Pengembangan konsep menghasilkan delapan fungsi bagian, yaitu sumber tenaga, reduksi putaran, konversi gerak, sistem penekan, rangka, cetakan, pengumpanan bahan, dan pengendalian pengoperasian. Setiap fungsi dikembangkan menjadi beberapa alternatif, kemudian dikombinasikan menjadi tiga varian konsep. Penyaringan alternatif menggunakan *selection chart*, sedangkan evaluasi konsep menggunakan *objective tree*. Hasil penilaian menunjukkan bahwa ketiga varian memiliki skor yang berbeda berdasarkan kesesuaiannya terhadap kebutuhan rancangan. Rekapitulasi evaluasi konsep disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Hasil Penilaian Varian Konsep

Varian pertama memperoleh skor tertinggi sebesar 47 dari nilai ideal 64, dengan persentase yang dilaporkan sebesar 73%. Varian kedua memperoleh skor 38, sedangkan varian ketiga memperoleh skor 40. Dengan hasil tersebut, varian pertama dipilih untuk

dikembangkan menjadi rancangan mesin. Penilaian ini menunjukkan tingkat kesesuaian konsep terhadap kriteria yang digunakan. Persentase penilaian tidak menunjukkan efisiensi energi atau tingkat keberhasilan pencetakan, melainkan menjadi dasar pemilihan alternatif sebelum tahap pembuatan.

Konfigurasi terpilih menggunakan motor listrik sebagai sumber tenaga, gearbox dan pulley sebagai sistem transmisi, serta piringan engkol dan batang penghubung sebagai pengubah gerak. Piston menekan bahan menuju cetakan yang memiliki penampang persegi. Rangka menggunakan besi hollow hitam, sementara pemasukan bahan dilakukan secara manual melalui hopper. Penyalaan dan penghentian penggerak menggunakan saklar. Susunan tersebut menghasilkan mekanisme pencetakan yang digerakkan secara listrik, dengan penanganan bahan dan pemotongan produk yang masih melibatkan operator.



Gambar 1. Rancangan Mesin Pencetak Briket pada Tampak Atas, Depan, dan Samping

E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 7915-7945
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

Hasil Perancangan Komponen dan Fabrikasi

Rancangan wujud menempatkan motor listrik pada bagian bawah rangka, sedangkan komponen penekan berada pada bagian atas. Sistem transmisi menghubungkan motor dengan gearbox, kemudian meneruskan putaran menuju mekanisme engkol. Hopper berada pada jalur masuk bahan menuju silinder, sedangkan corong menghubungkan ruang penekan dengan cetakan. Susunan tersebut membentuk jalur pengolahan bahan dari pengumpanan, penekanan, hingga pengeluaran material briket. Spesifikasi komponen utama disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perancangan Rinci Komponen Mesin Pencetak Briket

NO.	Gambar	Nama Alat	Spesifikasi dan Kegunaan
1.		Rangka	Besi hollow hitam HSS dengan ukuran 650 x 420 x 620 mm. Digunakan sebagai penopang utama beban yang berada di satu titik pusat.
2.		Pipa Silinder piston	Baja paduan BJ37 diameter dalam = 80 mm, d luar = 130 mm, t = 8 mm, P = 233 mm. Berfungsi sebagai tempat penyalur nya arang dari piston tekan ke cetakan.
3.		Corong cetakan	Jenis material baja paduan,Diameter luar 130 mm , P kotak tirus = 137 mm, t = 1 mm.

			Berfungsi sebagai penyalur arang briket ke cetakan agar arang briket keluar dengan padat.
4.		Cetakan	Besi hollow hitam ,Panjang 130mm, lebar 40mm, tebal 2 mm. Berfungsi sebagai bentuk briket yang dinginkan.
5.		*Hopper*	Jenis material baja paduan , ukuran berbentuk segi limas , ukuran bawah = 50 x 50 mm, ukuran atas 190 x 190 mm , T = 115 mm, dan t = 1 mm. Berfungsi sebagai wadah masuk nya briket atau Input.
6.		Batang piston dan piringan	Jenis material baja paduan, batang piston, P = 280 mm, L = 23 mm, t = 10 mm. Diameter luar piringan 133 mm, diameter dalam 12 mm. Berfungsi sebagai penyalur tekanan dari reducer ke piston silinder.
7.		Piston	Jenis material aluminium, panjang 80 mm, diameter 80 mm , P piston ke bearing atau pin 30 mm. Berfungsi sebagai kompenen penting terutama dalam menekan arang briket menjadi briket siap guna.

E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 7915-7945
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

8.		Gearbox	Menggunakan gearbox WPA 40, Berfungsi sebagai mengatur kecepatan dan pengubah arah gerakan dari motor.
9.		Motor listrik AC	Merk modern tipe 1 HP , Daya 750 watt , V = 220 V , beban speed 1420 rpm. Berfungsi sebagai komponen utama listrik.
10.		Baut dan mur	M8 x 30 dengan jenis grade 8.8 atau bisa umumny ASTM a325. Berfungsi sebagai komponen yang bisa di bongkar pasang.
11.		*Pulley* dan Sabuk - Belt	Ukuran diameter luar *Pulley* atas, 2,5 inc, dan bawah 4,5 inc. Sabuk – belt Tipe A. Berfungsi sebagai penyalur transmisi dari motor ke *Gearbox* atau ke piston tekan.

Motor listrik memiliki daya nominal 750 W, tegangan 220 V, dan putaran nominal 1.420 rpm. Putaran motor diteruskan melalui pulley dan sabuk-V tipe A menuju gearbox WPA 40. Gearbox berfungsi mengurangi putaran sebelum gerakan diteruskan menuju mekanisme engkol. Piringan engkol dan batang penghubung kemudian menghasilkan gerakan bolak-balik piston. Angka daya dan putaran tersebut merupakan spesifikasi nominal komponen. Penelitian belum menyediakan pengukuran konsumsi daya aktual maupun putaran poros selama mesin menerima beban pencetakan.

Rangka dibuat menggunakan besi hollow berpenampang 40 × 40 mm dengan ketebalan 2 mm. Material tersebut dipotong sesuai kebutuhan, kemudian disambung menggunakan proses *shielded metal arc welding* dengan elektroda RD-260 AWS E6013.

Rangka berfungsi menopang motor, transmisi, dan komponen penekan. Sambungan baut digunakan pada bagian yang memerlukan pemasangan dan pelepasan komponen. Dengan susunan tersebut, struktur menggabungkan sambungan permanen untuk pembentukan rangka dan sambungan yang dapat dibongkar untuk pemasangan elemen mesin.

Pembuatan silinder melibatkan proses pemotongan dan pembubutan, sedangkan corong serta hopper dibuat melalui penandaan, pemotongan, pembentukan, dan penyambungan pelat. Piston dan batang penghubung dibuat untuk meneruskan gerakan mekanis menuju bahan yang berada di dalam silinder. Cetakan dipasang pada bagian keluaran untuk membentuk penampang produk. Dokumentasi fabrikasi memperlihatkan bahwa komponen tersebut telah diwujudkan dan dirakit menjadi satu sistem mesin. Namun, ketelitian manufaktur, keselarasan poros, dan toleransi pemasangan belum dilaporkan melalui pengukuran kuantitatif.

Terdapat ketidaksesuaian pada sebagian pencatatan dimensi yang memerlukan verifikasi. Diameter dalam silinder 80 mm dan diameter luar 130 mm menghasilkan ketebalan radial 25 mm, sehingga tidak sesuai dengan ketebalan 8 mm pada spesifikasi. Panjang batang penghubung juga tercatat sebesar 260 mm dan 280 mm pada uraian yang berbeda. Oleh karena itu, dimensi tersebut belum dapat seluruhnya diperlakukan sebagai ukuran akhir hasil pengukuran. Penyelarasan gambar akhir dengan pengukuran komponen terpasang diperlukan untuk memastikan reproduksibilitas rancangan.

E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 7915-7945
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026



Gambar 2. Prototipe Mesin Pencetak Briket Tongkol Jagung

Hasil perakitan menunjukkan terbentuknya prototipe yang menghubungkan sistem penggerak dan sistem pencetakan. Motor listrik terpasang pada bagian bawah rangka, sedangkan hopper dan ruang penekan berada pada bagian atas. Penempatan tersebut menyediakan jalur transmisi menuju mekanisme engkol sekaligus jalur pemasukan bahan menuju silinder. Foto prototipe menunjukkan keberadaan komponen utama, tetapi tidak digunakan sebagai pengganti pengukuran getaran, kebisingan, atau keselamatan pengoperasian. Dengan demikian, hasil fabrikasi menunjukkan realisasi konfigurasi mesin, sementara karakteristik keandalan dan kenyamanan kerja masih membutuhkan evaluasi lanjutan.

Hasil Pengujian Fungsional dan Kapasitas

Pengujian fungsional memperlihatkan bahwa motor dapat menggerakkan sistem transmisi dan mekanisme piston. Bahan berupa arang tongkol jagung dimasukkan melalui hopper, kemudian didorong menuju ujung silinder. Bahan melewati corong dan cetakan hingga keluar mengikuti bentuk penampang saluran. Setelah material keluar, pemotongan

dilakukan secara manual sesuai panjang yang dikehendaki. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rangkaian penggerak, penekan, dan cetakan dapat menjalankan fungsi dasar pencetakan.

Dokumentasi pengujian memperlihatkan material briket dalam keadaan basah yang keluar dari cetakan. Bukti visual tersebut menunjukkan kemampuan mesin mengeluarkan bahan hasil pemampatan. Namun, pengamatan visual tidak menentukan besarnya densitas, kuat tekan, kadar air, atau ketahanan produk setelah pengeringan. Bentuk keluaran juga perlu dibedakan dari ukuran akhir produk. Karena panjang pemotongan ditentukan operator, hasil lebih tepat dinyatakan sebagai briket berpenampang persegi. Bentuk kubus hanya terbentuk apabila panjang potongan sama dengan ukuran sisi penampang aktual.



Gambar 3. Hasil pencetak Briket

Pengujian kapasitas mencatat massa produk sebesar 21 gram atau 0,021 kg dan waktu keluarnya produk sebesar 6,33 detik. Perhitungan kapasitas dilakukan dengan membandingkan massa terhadap waktu, kemudian mengonversinya menjadi kilogram per jam. Berdasarkan data tersebut, diperoleh:

$$Q = \frac{m}{t} \times 3.600 = \frac{0{,}021}{6{,}33} \times 3.600 = 11{,}94 \text{ kg/jam}$$

Kapasitas tersebut melampaui nilai acuan 11 kg/jam yang ditetapkan dalam kebutuhan rancangan. Hasilnya menunjukkan bahwa sasaran laju keluaran tercapai pada interval pengujian yang dicatat. Meskipun demikian, angka tersebut merupakan estimasi

berdasarkan massa dan waktu keluarnya produk. Penelitian belum menyajikan hasil produksi kontinu selama satu jam, jumlah pengulangan, atau variasi massa antarproduk. Oleh karena itu, nilai kapasitas belum menunjukkan kestabilan keluaran selama pengoperasian panjang maupun kapasitas rata-rata dalam satu giliran kerja.

Massa yang digunakan dalam perhitungan juga belum dibedakan secara kuantitatif antara kondisi basah dan kondisi setelah pengeringan. Pengurangan kadar air dapat mengubah massa produk akhir, sehingga kapasitas material basah tidak dapat langsung diperlakukan sebagai kapasitas briket kering siap digunakan. Waktu pengisian hopper, pemotongan, dan penghentian sementara juga belum diperhitungkan sebagai waktu henti produksi. Dengan demikian, data memberikan ukuran awal kemampuan pencetakan, sedangkan kapasitas efektif dan proporsi produk yang memenuhi persyaratan mutu masih memerlukan pengujian tersendiri.

Hasil Perhitungan Konstruksi dan Biaya Pembuatan

Analisis konstruksi mencakup rangka, sambungan las sudut, dan sambungan baut. Pemeriksaan hasil perhitungan memperlihatkan bahwa sebagian besaran gaya masih ditulis menggunakan satuan momen. Reaksi tumpuan dan kapasitas geser seharusnya dinyatakan sebagai gaya, sedangkan momen memiliki dimensi gaya dikalikan panjang. Selain itu, luas nominal baut berdiameter 8 mm adalah 50,27 mm^2, berbeda dari luas sekitar 80,34–80,38 mm^2 yang digunakan dalam perhitungan awal. Perbedaan tersebut memengaruhi kapasitas baut yang diperoleh dan perlu dikoreksi sebelum digunakan untuk menilai keamanan sambungan.

Keberhasilan mesin mengeluarkan produk tidak secara langsung menunjukkan bahwa seluruh bagian struktur telah terverifikasi terhadap beban operasi. Gaya piston aktual, distribusi beban pada rangka, dan pembebanan berulang belum diukur. Penjumlahan kapasitas semua baut juga belum menunjukkan kapasitas kelompok sambungan apabila pembagian bebannya belum ditentukan. Oleh karena itu, analisis konstruksi masih memerlukan penyelarasan model pembebanan, geometri, sifat material,

dan satuan. Hasil pengujian fungsional tetap mendukung kemampuan awal mesin, sedangkan kesimpulan mengenai faktor keamanan memerlukan validasi tambahan.

Biaya pembuatan mencakup komponen penggerak, material rangka dan silinder, sistem transmisi, bahan habis pakai, sambungan, serta tenaga kerja. Rekapitulasi biaya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rancangan Anggaran Biaya Pembuatan Mesin

Total biaya pembuatan sebesar Rp2.973.000 berada di bawah batas anggaran Rp4.000.000. Motor listrik menjadi komponen pembelian dengan biaya terbesar, sedangkan tenaga kerja juga memberikan kontribusi penting terhadap biaya fabrikasi.

NO.	Nama Bahan	Jumlah	Harga	Total (Rp)
1.	Motor Listrik	1 Buah	Rp.900.000	Rp. 900.000
2.	*Gearbox*	1Buah	Rp. 450.000	Rp. 450.000
3.	Besi *hollow* hitam ketebalan 2 mm	1 Batang	Rp. 200.000	Rp. 200.000
4.	Elektroda RD- 260	1 Kotak	Rp. 40.000	Rp. 40.000
5.	Mata gerinda	3 Unit	Rp.15.000	Rp.45.000
6.	Pipa silinder baja paduan	1 Batang	Rp.350.000	Rp.350.000
7.	Pelat besi 6 mm	1 buah	Rp.10.000	Rp.10.000
8.	Pulley kecil dan besar	1 Buah	Rp.150.000	Rp.150.000
9.	V- Belt	1 Buah	Rp.80.000	Rp.80.000
10.	Baut & mur M8 x 30	16 buah	Rp.3.000	Rp.48.000
11.	Tenaga Kerja		Rp. 700.000	Rp.700.000
TOTAL				Rp. 2.973.000

Rekapitulasi tersebut menunjukkan kebutuhan biaya untuk menghasilkan prototipe, tetapi belum mencakup konsumsi listrik aktual, persiapan bahan, pengeringan, pemeliharaan, penyusutan, dan penggantian komponen. Dengan demikian, hasilnya menunjukkan kesesuaian terhadap anggaran pembuatan. Penilaian biaya produksi per kilogram dan kelayakan investasi memerlukan data pengoperasian serta kondisi usaha yang lebih lengkap.

Pembahasan Integrasi Perancangan dan Realisasi Mesin

Penerapan VDI 2222 memberikan manfaat dalam menghubungkan kebutuhan mesin dengan pemilihan konfigurasi dan komponen. Daftar kehendak menjadi dasar untuk mengevaluasi alternatif sebelum proses pembuatan dilakukan. Dengan demikian, keputusan penggunaan motor listrik, gearbox, mekanisme engkol, dan piston memiliki hubungan dengan kebutuhan fungsi yang telah ditetapkan. Kontribusi penelitian terletak pada penerapan tahapan perancangan hingga menghasilkan prototipe yang dapat menjalankan pencetakan.

Temuan tersebut berkaitan dengan Formentini et al. (2022), yang menekankan integrasi pertimbangan manufaktur dan perakitan dalam pengembangan produk mekanis. Kesamaannya terdapat pada perhatian terhadap kemampuan mewujudkan rancangan melalui proses pembuatan. Perbedaannya, penelitian ini menggunakan VDI 2222 untuk mengembangkan mesin tertentu, sedangkan kajian tersebut memetakan metode *design for manufacturing and assembly* secara lebih luas. Penggunaan material hollow, pengelasan, dan baut menunjukkan konfigurasi yang dapat dikerjakan melalui fasilitas fabrikasi yang tersedia. Namun, manfaat berupa pengurangan waktu perakitan atau pemeliharaan perlu dibuktikan menggunakan pengukuran pembanding.

Penggunaan komponen komersial juga sejalan dengan Ibitoye et al. (2024), yang mengembangkan peralatan densifikasi menggunakan material dan komponen yang tersedia secara lokal. Kedua penelitian menghasilkan alat melalui kegiatan desain,

fabrikasi, dan pengujian. Perbedaannya terletak pada mekanisme serta indikator evaluasi. Ibitoye et al. menggunakan sistem hidrolik dan mengevaluasi sifat produk pada variasi tekanan, sedangkan penelitian ini menggunakan piston mekanis dengan penilaian utama berupa kemampuan pengoperasian dan laju keluaran. Pengukuran gaya penekan dan kualitas produk akan memperkuat hubungan antara keputusan rancangan dengan performa mesin.

Skor tertinggi pada varian pertama perlu dipahami sebagai hasil perbandingan terhadap alternatif dan kriteria yang dinilai. Hasil tersebut belum menunjukkan bahwa konfigurasi terpilih merupakan solusi optimum untuk seluruh kebutuhan pengguna. Perubahan prioritas, misalnya dari biaya awal menuju kapasitas atau keselamatan, dapat mengubah hasil evaluasi. Penjelasan bobot dan alasan pemberian skor akan meningkatkan transparansi pemilihan konsep. Analisis sensitivitas juga dapat digunakan untuk menilai apakah pilihan rancangan tetap sama ketika prioritas kebutuhan berubah.

Pembahasan Kapasitas dan Karakteristik Pemadatan

Estimasi kapasitas yang melampaui target memberikan dasar awal bagi perencanaan pengumpanan dan penanganan keluaran. Namun, laju pencetakan pada interval singkat perlu dibedakan dari kapasitas efektif selama produksi. Pengisian hopper dan pemotongan manual dapat menambah waktu henti, sedangkan perubahan konsistensi bahan dapat memengaruhi aliran melalui cetakan. Pengujian kontinu dengan pencatatan massa kumulatif akan memberikan gambaran yang lebih dekat dengan kondisi penggunaan nyata.

Demirel (2024) menunjukkan bahwa peningkatan kualitas pemadatan tidak selalu diikuti peningkatan kapasitas. Pada residu tanaman aprikot, kapasitas tertinggi sebesar 5,75 kg/jam diperoleh pada tekanan 80 MPa, sedangkan sejumlah karakteristik mekanis terbaik diperoleh pada tekanan 160 MPa dan disertai kebutuhan energi spesifik lebih tinggi. Meskipun kapasitas penelitian ini secara numerik lebih besar, perbedaan bahan, mekanisme penggerak, kadar air, dan dasar pengukuran menghalangi klaim keunggulan

langsung. Perbandingan tersebut memperlihatkan pentingnya menilai kapasitas bersama kondisi pemadatan dan mutu produk.

Gong et al. (2023) menjelaskan bahwa densifikasi dapat memperbaiki penanganan biomassa dan mendukung integrasinya dalam rantai pasok. Pembentukan penampang persegi pada penelitian ini menyediakan peluang pengaturan geometri dan penyusunan produk. Akan tetapi, besarnya pengurangan volume penyimpanan belum dapat dihitung tanpa pengukuran densitas curah bahan awal dan produk. Manfaat logistik juga memerlukan bukti mengenai kestabilan bentuk serta kehilangan material selama pemindahan. Dengan demikian, pembentukan produk menjadi dasar pengembangan manfaat penanganan, sedangkan besar manfaatnya memerlukan evaluasi lanjutan.

Obi et al. (2022) menunjukkan bahwa perekat dan karakteristik bahan memengaruhi sifat mekanis serta kemampuan penanganan briket. Penelitian ini belum menyediakan komposisi perekat, distribusi ukuran partikel, dan kadar air secara kuantitatif. Akibatnya, pengaruh mekanisme mesin belum dapat dipisahkan dari pengaruh formulasi bahan. Produk yang keluar dalam kondisi basah juga dapat berubah dimensi atau mengalami kerusakan setelah pengeringan. Pengujian densitas, kuat tekan, dan ketahanan jatuh diperlukan agar keluaran mesin dapat dievaluasi berdasarkan jumlah produk yang memenuhi kebutuhan penggunaan.

Ibitoye et al. (2022) melaporkan bahwa tekanan, komposisi campuran, dan ukuran partikel memengaruhi karakteristik pembakaran serta fisik-mekanis briket berbahan tongkol jagung dan batang pisang terkarbonisasi. Persamaan dengan penelitian ini terdapat pada penggunaan tongkol jagung yang telah dikarbonisasi. Perbedaannya adalah penggunaan campuran bahan dan pengujian kualitas produk yang lebih terperinci. Temuan tersebut mendukung perlunya mempertahankan formulasi yang tetap ketika mengevaluasi perubahan mesin. Dengan cara itu, pengaruh putaran penggerak atau geometri cetakan dapat dipisahkan dari perubahan karakteristik bahan masukan.

Eling et al. (2024) menjelaskan bahwa biomassa mentah dan biomassa tertorefaksi memiliki perilaku densifikasi yang berbeda. Waheed et al. (2022) juga menempatkan perlakuan termal sebagai faktor yang memengaruhi karakteristik bahan sebelum

pemadatan. Oleh karena itu, parameter optimum dari jenis bahan lain tidak dapat langsung diterapkan pada arang tongkol jagung. Dokumentasi suhu, waktu, dan kondisi karbonisasi diperlukan agar bahan uji dapat direproduksi. Pemisahan tahap penyiapan bahan dari tahap pencetakan akan membantu menjelaskan batas penerapan kinerja mesin.

Pembahasan Biaya dan Peluang Penerapan

Biaya pembuatan yang berada di bawah batas anggaran menunjukkan kesesuaian antara konfigurasi terpilih dan sumber daya fabrikasi yang ditetapkan. Informasi tersebut dapat digunakan untuk merencanakan pengadaan prototipe maupun perbaikan komponennya. Namun, selisih anggaran tidak menunjukkan keuntungan usaha karena belum memperhitungkan pendapatan dan biaya pengoperasian. Penilaian ekonomi perlu mempertimbangkan kapasitas bersih, umur komponen, dan kondisi penggunaan.

Nandiyanto et al. (2022) mengkaji briket tongkol jagung menggunakan pendekatan proses dan teknoekonomi yang mencakup indikator kelayakan usaha. Kajian tersebut menunjukkan bahwa bahan baku dan kondisi ekonomi memengaruhi keberlangsungan produksi. Berbeda dari pendekatan tersebut, penelitian ini menyediakan biaya pembuatan mesin sebagai informasi awal. Biaya listrik, perekat, karbonisasi, pengeringan, pemeliharaan, dan harga jual masih diperlukan untuk menilai kelayakan investasi. Oleh karena itu, biaya prototipe dapat menjadi masukan analisis ekonomi, tetapi belum menggantikan evaluasi usaha secara menyeluruh.

Obi et al. (2023) menekankan pentingnya kesesuaian teknologi produksi bahan bakar padat dengan kondisi penerapan. Komponen standar pada mesin ini dapat mendukung penggantian bagian dan perbaikan menggunakan fasilitas lokal. Akan tetapi, kemudahan pemeliharaan perlu dievaluasi melalui catatan gangguan, frekuensi penyetelan, dan waktu perbaikan. Informasi tersebut juga dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan otomatisasi. Pengumpanan otomatis atau pemotongan terintegrasi sebaiknya dikembangkan berdasarkan hambatan produksi yang terukur.

Pembahasan Konstruksi dan Batas Penerapan

Ketidaksesuaian satuan dan luas penampang baut menunjukkan bahwa validasi konstruksi masih diperlukan. Kesalahan luas penampang memengaruhi kapasitas sambungan yang dihitung, sedangkan kesalahan satuan menyulitkan perbandingan antara beban dan ketahanan komponen. Evaluasi perlu dimulai dengan penetapan gaya piston aktual, geometri sambungan, serta distribusi beban pada rangka. Keberhasilan operasi awal belum cukup untuk menentukan keamanan pada penggunaan panjang dan pembebanan berulang.

Analisis rangka perlu memastikan apakah beban yang digunakan merupakan gaya total atau beban per satuan panjang. Evaluasi baut harus mempertimbangkan bidang geser, keberadaan ulir, pembagian beban, dan tumpu pelat. Pada sambungan las, ukuran serta panjang efektif perlu sesuai dengan sambungan terpasang. Setelah data tersebut konsisten, simulasi elemen hingga dapat digunakan untuk menilai lokasi tegangan dan deformasi. Hasil simulasi selanjutnya perlu dibandingkan dengan pengukuran atau uji pembebanan prototipe.

Keberhasilan pencetakan juga belum menunjukkan penurunan emisi pembakaran. Ngene et al. (2024) menjelaskan bahwa sifat mekanis dan lingkungan briket biochar dipengaruhi bahan baku, kondisi pirolisis, perekat, dan teknologi densifikasi. Kontribusi penelitian ini karena itu dibatasi pada penyediaan alat pengolahan residu menjadi produk briket. Pembuktian manfaat lingkungan memerlukan pengujian pembakaran serta pertimbangan energi karbonisasi, listrik penggerak, pengeringan, dan penggunaan akhir.

Keterbatasan dan Arah Penelitian Selanjutnya

Penelitian terbatas pada satu prototipe dengan estimasi kapasitas berdasarkan pasangan data massa dan waktu yang dilaporkan. Jumlah pengulangan, variasi keluaran, tekanan piston, konsumsi energi aktual, dan ketahanan produk setelah pengeringan belum tersedia. Perbedaan pencatatan dimensi juga membatasi reproduksibilitas rancangan.

Temuan ini memberikan bukti awal kemampuan mesin, tetapi belum dapat digeneralisasi terhadap seluruh formulasi briket tongkol jagung atau kondisi produksi.

Penelitian selanjutnya perlu menyelaraskan gambar akhir dengan dimensi komponen terpasang, kemudian melakukan pengujian berulang menggunakan formulasi bahan yang tetap. Pengoperasian kontinu perlu mencatat massa produk layak, produk rusak, waktu henti, dan konsumsi listrik. Pengukuran gaya piston menjadi dasar validasi struktur, sedangkan kadar air, densitas, kuat tekan, dan ketahanan jatuh menjadi dasar evaluasi mutu produk. Pemotong otomatis dapat dikembangkan setelah kestabilan keluaran diketahui. Tahapan tersebut memungkinkan peningkatan kapasitas dilakukan bersama peningkatan konsistensi produk dan keandalan mesin.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun mesin pencetak briket tongkol jagung tipe piston tekan menggunakan metode VDI 2222 melalui tahapan perencanaan, pengembangan konsep, perancangan, dan penyelesaian. Evaluasi alternatif menghasilkan konfigurasi terpilih berupa motor listrik, transmisi pulley dan gearbox, mekanisme engkol, serta piston penekan. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa mesin mampu meneruskan gerakan penggerak untuk memampatkan arang tongkol jagung dan mengeluarkannya melalui cetakan berpenampang persegi. Estimasi kapasitas pencetakan melampaui target rancangan. Analisis konstruksi telah mencakup rangka, sambungan las, dan baut, tetapi ketidaksesuaian satuan serta perhitungan penampang baut memerlukan verifikasi sebelum keamanan struktur dapat disimpulkan. Temuan ini memberikan dasar pengembangan peralatan pencetakan untuk mendukung pemanfaatan limbah tongkol jagung sebagai bahan baku briket.

Pengembangan selanjutnya disarankan memprioritaskan penyelarasan dimensi komponen dan perhitungan konstruksi, kemudian memvalidasinya melalui pengukuran beban atau simulasi elemen hingga yang disertai pengujian. Pengujian operasional perlu dilakukan secara berulang dan kontinu untuk mengevaluasi kestabilan kapasitas, waktu

siklus, serta konsumsi energi. Pengujian kualitas briket setelah pengeringan juga diperlukan untuk mengetahui konsistensi produk. Mekanisme pemotong otomatis dapat dikembangkan guna membantu menyeragamkan panjang briket dan mengurangi ketergantungan pada pemotongan manual.

DAFTAR PUSTAKA

Demirel, B. (2024). Development of a newly designed hydraulic type briquetting machine used in briquetting of apricot (*Prunus armeniaca* L.) plant residues at different compaction pressures. *Polish Journal of Environmental Studies, 33*(1), 591–598. https://doi.org/10.15244/pjoes/171981

Eling, J., Okot, D. K., Menya, E., & Atim, M. R. (2024). Densification of raw and torrefied biomass: A review. *Biomass and Bioenergy, 184*, 107210. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107210

Formentini, G., Boix Rodríguez, N., & Favi, C. (2022). Design for manufacturing and assembly methods in the product development process of mechanical products: A systematic literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 120*, 4307–4334. https://doi.org/10.1007/s00170-022-08837-6

Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quéré, C., Li, H., Luijkx, I. T., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Aas, K., Alin, S. R., … Zeng, J. (2026). Global Carbon Budget 2025. *Earth System Science Data, 18*, 3211–3288. https://doi.org/10.5194/essd-18-3211-2026

Gong, C., Meng, X., Thygesen, L. G., Sheng, K., Pu, Y., Wang, L., Ragauskas, A., Zhang, X., & Thomsen, S. T. (2023). The significance of biomass densification in biological-based biorefineries: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 183*, 113520. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113520

Ibitoye, S. E., Mahamood, R. M., Jen, T.-C., & Akinlabi, E. T. (2022). Combustion, physical, and mechanical characterization of composites fuel briquettes from carbonized banana stalk and corncob. *International Journal of Renewable Energy Development, 11*(2), 435–447. https://doi.org/10.14710/ijred.2022.41290

Ibitoye, S. E., Mahamood, R. M., Jen, T.-C., Loha, C., & Akinlabi, E. T. (2024). Design and fabrication of biomass densification machine for teaching and research purposes. *Biomass Conversion and Biorefinery, 14*, 24253–24264. https://doi.org/10.1007/s13399-023-04455-8

Nandiyanto, A. B. D., Azizah, N. N., & Girsang, G. C. S. (2022). Optimal design and techno-economic analysis for corncob particles briquettes: A literature review of the utilization of agricultural waste and analysis calculation. *Applied Science and Engineering Progress, 15*(3). https://doi.org/10.14416/j.asep.2021.10.006

Ngene, G. I., Bouesso, B., González Martínez, M., & Nzihou, A. (2024). A review on biochar briquetting: Common practices and recommendations to enhance mechanical properties and environmental performances. *Journal of Cleaner Production, 469*, 143193. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143193

Obi, O. F., Olugbade, T. O., Orisaleye, J. I., & Pecenka, R. (2023). Solid biofuel production from biomass: Technologies, challenges, and opportunities for its commercial production in Nigeria. *Energies, 16*(24), 7966. https://doi.org/10.3390/en16247966

Obi, O. F., Pecenka, R., & Clifford, M. J. (2022). A review of biomass briquette binders and quality parameters. *Energies, 15*(7), 2426. https://doi.org/10.3390/en15072426

Waheed, M. A., Akogun, O. A., & Enweremadu, C. C. (2022). An overview of torrefied bioresource briquettes: Quality-influencing parameters, enhancement through torrefaction and applications. *Bioresources and Bioprocessing, 9*, 122. https://doi.org/10.1186/s40643-022-00608-1