

Perancangan *Dies* dan *Roller* Pada Mesin *Pellet biomassa*

Darwin Sugandi*

Universitas Pamulang

Abstrak: Permasalahan keterbatasan energi fosil mendorong pengembangan energi terbarukan, salah satunya biomassa. Limbah serbuk kayu yang selama ini kurang dimanfaatkan berpotensi untuk diolah menjadi pellet biomassa sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dies dan roller pada mesin pellet biomassa yang mampu mengolah limbah serbuk kayu menjadi pellet silinder dengan fokus pada analisis kekuatan dan keamanannya. Metode yang digunakan untuk menentukan kekuatan dan keamanan adalah simulasi menggunakan SolidWorks serta perhitungan teoritis untuk memvalidasi hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perancangan dies dengan diameter lubang 8 mm dan roller yang sesuai dapat menghasilkan pellet biomassa dengan tingkat densitas dan efisiensi yang baik. Simulasi tegangan, regangan, dan faktor keamanan pada komponen menunjukkan perancangan yang aman dan layak untuk diimplementasikan. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi mesin pellet biomassa dan pemanfaatan limbah serbuk kayu menjadi energi terbarukan dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Biomassa, Diesel, Limbah Serbuk Gergaji, Mesin Pellet

DOI:

<https://doi.org/10.47134/jme.v3i1.5138>

*Correspondence: Darwin Sugandi

Email: sugandidarwin@gmail.com

Received: 29-11-2025

Accepted: 04-12-2025

Published: 11-01-2026



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: *The problem of fossil energy limitations encourages the development of renewable energy, one of which is biomass. Wood powder waste that has been underutilized has the potential to be processed into biomass pellets as an environmentally friendly alternative fuel. This study aims to design dies and rollers on biomass pellet machines that are capable of processing wood powder waste into cylindrical pellets with a focus on their strength and safety analysis. The methods used to determine strength and safety are simulations using solidworks as well as theoretical calculations to validate the results. The results showed that the design of dies with a hole diameter of 8 mm and a suitable roller can produce biomass pellets with a good level of density and efficiency. Simulations of voltage, strain and safety factors on components indicate a safe and feasible design to implement. This research contributes to the development of biomass pellet machine technology and the use of wood powder waste into renewable and environmentally friendly energy.*

Keywords: *Biomass, Diesel, Sawdust Waste, Pellet Machine*

Pendahuluan

Energi fosil saat ini merupakan sumber energi utama yang digunakan sebagai bahan bakar, dan sebagai akibat dari penggunaannya yang meluas, pasokannya semakin berkurang dan terbatas. Oleh karena itu diperlukan pengembangan inovasi energi alternatif. Salah satu energi terbarukan yang dapat menjadi alternatif adalah energi biomassa (Wibowo et al., 2021 & Primadanty, 2024). Energi biomassa adalah energi dalam bentuk padat yang meliputi kayu, limbah pertanian, limbah perkebunan, limbah hutan, limbah organik dari industri dan rumah tangga, kotoran hewan dan masih banyak lagi Rabbani et al., (2022).

Energi Biomaasa merupakan sumber energi terbesar ke tiga setelah energi yang berasal dari fosil yaitu minyak bumi. Energi biomassa dapat menurunkan emisi gas rumah kaca dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi yang berasal dari fosil Hakeem et al., (2015). Indonesia memiliki potensi untuk menghasilkan energi sebesar 50 GW dari substitusi energi terbarukan biomassa, sedangkan kapasitas yang tercapai adalah 0,3 GW Kusumaningrum & Munawar, (2014). Selain itu permintaan *pellet biomassa* sebagai energi terbarukan meningkat di dunia internasional. Permintaan *pellet biomassa* di Uni Eropa mencapai 75% dari pasar *pellet biomassa* didunia, dengan konsumsi sekitar 20,5 juta ton *pellet* pada tahun 2015 (Macko & Mrozinski, 2019).

Serbuk gergaji dari proses pemotongan kayu biasanya hanya dibakar, ditumpuk, atau dibuang jika tidak dimanfaatkan, serbuk gergaji tersebut hanya akan menjadi sampah dan dapat mencemari lingkungan Febriana Tri Wulandari, (2019). Oleh karena itu diperlukan pengolahan lebih lanjut dengan menghasilkan produk yang dapat menggantikan energi fosil batu bara dengan cara memanfaatkan limbah serbuk kayu menjadi *pellet biomassa* Samodra et al., (2023).

Pellet biomassa merupakan salah satu cara untuk memanfaatkan limbah kayu sebagai energi terbarukan, *pellet biomassa* memiliki kandungan panas hingga 4399,638 Kal/g yang dapat menggantikan energi fosil batu bar Suwadi & Pebriana, (2018). Penggunaan *pellet biomassa* sebagai bahan bakar dianggap ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap dan CO₂, jika di bandingkan dengan energi fosil seperti batu bara yang menghasilkan CO₂ dari proses pembakaran Riset Perkebunan Nusantara, (2022).

Mesin pencetak *pellet* adalah alat yang digunakan untuk memadatkan bahan bahan baku dengan cara dikompresi untuk melewati lubang cetakan sehingga menghasilkan *pellet* dengan yang diinginkan Tegar Arief Pradana, Bambang Yuniyanto, (2023). Pembuatan *pellet biomassa* umumnya menggunakan bahan baku dari limbah kayu, sisa-sisa pertanian dan hutan, serta tanaman energi. *Pellet* yang terbuat dari bahan baku ini memiliki sifat yang padat dan memiliki kadar air yang rendah (<10%), sehingga menghasilkan efisiensi konversi energi yang baik yaitu sekitar 75% Pradhan et al., (2018).

Prinsip dasar pada proses pembuatan *pellet biomassa* adalah dengan cara mengkopresi bahan baku biomassa hingga menjadi *pellet*. Komponen utama yang digunakan untuk proses peletasi pada umumnya adalah *roller* sebagai penekan dan *dies* sebagai cetakan, *pellet* dapat terbentuk akibat adanya aksi dari *roller* penekan serta tekanan balik di dalam lubang *dies* Miloš Matuš et al., (2021).

Pada proses pembuatan *pellet biomassa*, bahan baku biomassa akan dikompresi dengan tekanan tinggi serta terjadi gesekan antara *dies*, bahan baku, dan *roller* yang berputar. Bahan baku biomassa memiliki kandungan air yang dapat menyebabkan korosi. Oleh karena dibutuhkan material dan desain yang tepat untuk dapat menghasilkan ketahanan abrasi akibat gesekan, dan ketahanan korosi akibat suhu tinggi dan kandungan air pada bahan baku Matúš et al., (2022).

Metodelogi

Metodologi penelitian ini disusun untuk menggambarkan langkah-langkah sistematis dalam merancang serta menganalisis komponen *dies* dan *roller* pada mesin *pellet biomassa*. Penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan terkait efektivitas proses pembentukan *pellet biomassa* dari limbah serbuk kayu. Setelah masalah ditentukan, dilakukan studi literatur dari berbagai jurnal, standar teknis, dan sumber ilmiah guna memperoleh dasar teori mengenai *pellet biomassa*, karakteristik material, mekanisme pembentukan *pellet*, serta referensi desain *dies* dan *roller* Bartolome et al., (2021).

Tahapan berikutnya adalah perancangan konsep desain menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*, yang meliputi pembuatan model 3D *dies* dan *roller* berdasarkan data perhitungan kebutuhan gaya tekan dan dimensi geometris sesuai parameter *pellet* kayu menurut SNI 8021:2020. Setelah desain selesai, dilakukan analisis simulasi berbasis metode elemen hingga (FEA) untuk mengevaluasi tegangan, regangan, deformasi, serta faktor keamanan. Hasil simulasi kemudian divalidasi melalui perhitungan teoritis untuk memastikan kesesuaian antara pendekatan numerik dan analitis Rabbani et al., (2022).

Tahap selanjutnya adalah pembuatan prototipe melalui serangkaian proses permesinan seperti pembubutan, pengeboran, frais, pengelasan, dan pengerindaan menggunakan alat pendukung seperti mesin bubut, mesin bor, mesin frais, dan mesin las. Setelah proses fabrikasi selesai, dilakukan perakitan komponen pencetak pada rangka mesin dan pengujian fungsi untuk menilai performa mekanis saat proses peletasi berlangsung Jeguirim & Khiari, (2022).

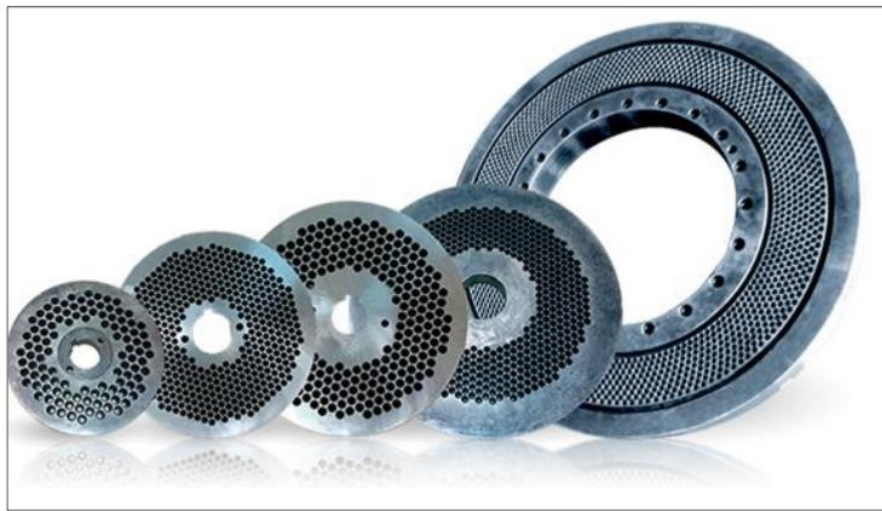
Penelitian dilaksanakan di CV. Rama Teknik Universitas Pamulang, berlokasi di Jl. Witana Harja No. 186, Pamulang Barat, Tangerang Selatan, Banten. Waktu penelitian berlangsung mulai November 2024 hingga Juli 2025, dimulai dari persiapan proposal, perancangan desain, pembuatan prototipe, hingga uji fungsi dan penyusunan laporan akhir. Tahapan penelitian secara umum meliputi: studi literatur, perancangan desain, simulasi dan validasi, pembuatan prototipe, perakitan mesin, pengujian, serta penyusunan kesimpulan dan saran Tumuluru, (2015).

Hasil dan Pembahasan

Prinsip Kerja Sistem *Dies* dan *Roller*

Mesin *pellet biomassa* bekerja melalui mekanisme kompresi yang menggabungkan tekanan mekanis, gesekan, dan panas untuk mengubah serbuk kayu menjadi *pellet* padat. Material biomassa yang masuk melalui hopper akan diarahkan menuju area kompresi tempat *roller* menekan serbuk tersebut ke permukaan *dies*. Ketika *roller* berputar, gaya tekan yang dihasilkan memaksa serbuk kayu masuk ke dalam lubang-lubang *dies* dengan tekanan

yang konsisten. Interaksi antara tekanan dan friksi ini menyebabkan lignin alami dalam biomassa melunak, sehingga bertindak sebagai perekat yang mengikat partikel kayu menjadi satu kesatuan yang padat Pathare & Tembhurkar, (2016). Proses ini harus berlangsung pada tekanan yang tepat, karena tekanan yang terlalu rendah menyebabkan *pellet* rapuh, sedangkan tekanan berlebihan meningkatkan risiko kerusakan komponen. Oleh karena itu, desain *dies* dan *roller* harus mempertimbangkan faktor tekanan, ukuran lubang, kecepatan rotasi, serta kemampuan material untuk menahan deformasi selama proses berlangsung agar kualitas *pellet* tetap stabil Saidah, (2022).



Gambar 1. Flat dies

Sumber : (Matúš et al., 2022)

Hasil Perancangan Dies

Dies dirancang menggunakan baja AISI 4340 karena material ini memiliki kekuatan tarik yang tinggi, ketahanan abrasi yang sangat baik, serta kestabilan struktural saat menerima beban berulang dalam jangka panjang. Dengan diameter 208 mm dan ketebalan 30 mm, *dies* ini memiliki struktur yang cukup kuat untuk menahan tekanan dari *roller* selama proses pembentukan *pellet*. Diameter lubang ditetapkan 8 mm dengan rasio L/D sebesar 3,75 sehingga panjang lubang mencapai 30 mm. Rasio ini dipilih karena mampu menciptakan kompresi internal yang optimal, menghasilkan densitas *pellet* antara 600 hingga 700 kg/m³ yang sesuai standar industri. Selain itu, bagian inlet *dies* diberi sudut 60 derajat untuk memudahkan masuknya serbuk kayu, mengurangi hambatan, dan mencegah terjadinya penyumbatan. Penentuan jumlah lubang disesuaikan dengan target kapasitas produksi 55 kg/jam serta densitas serbuk kayu sekitar 150 kg/m³, sehingga aliran material dapat berlangsung secara teratur dan tidak menimbulkan tekanan balik pada sistem Antaqiya et al., (2019).

Hasil Perancangan Roller

Roller menggunakan baja AISI 1018 yang memiliki kombinasi kekuatan, keuletan, dan kemudahan fabrikasi sehingga cocok digunakan sebagai komponen yang bekerja pada tekanan tinggi. *Roller* dirancang dengan diameter 105 mm dan lebar 38 mm. Permukaannya

diberi pola gerigi untuk meningkatkan gesekan dan memastikan serbuk kayu tidak meluncur, tetapi terdorong secara merata ke arah lubang-lubang *dies*. Keberadaan gerigi ini juga membantu meningkatkan efisiensi gaya tekan dengan mendistribusikan tekanan secara lebih merata Lubis (2024). Selain itu, *roller* dipasang pada poros yang ditopang bantalan berkualitas tinggi untuk menjaga stabilitas rotasi. Perputaran yang halus tidak hanya menurunkan beban gesek, tetapi juga memperpanjang umur pakai *roller* dan mengurangi konsumsi energi mesin Anggry A, (2021).



Gambar 2. *Roller* Pengepres
Sumber : (Miloš Matúš et al., 2021)

Hasil Simulasi Kekuatan Komponen

Simulasi menggunakan SolidWorks menunjukkan bahwa baik *dies* maupun *roller* mampu menahan beban kerja operasional dengan aman. Pada proses simulasi, gaya tekan sebesar 1190 N diberikan pada komponen, kemudian dianalisis tingkat tegangan yang muncul pada material. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan maksimum pada *dies* berada di bawah 250 MPa, sedangkan materialnya memiliki yield strength 470 MPa. *Roller* menunjukkan tegangan di bawah 150 MPa, jauh dari batas yield strength 370 MPa. Kondisi ini menunjukkan bahwa kedua komponen memiliki margin keamanan yang besar karena tegangan kerja berada jauh di bawah batas ketahanan material. Tidak ditemukan area konsentrasi tegangan yang mengkhawatirkan, sehingga risiko kerusakan akibat fatigue ataupun tegangan berlebih sangat rendah Avraham Harnoy, (2003).

Tabel 1. Hasil Simulasi Tegangan Komponen

Komponen	Material	Tegangan Maks (MPa)	Yield Strength (MPa)	Keterangan
<i>Dies</i>	AISI 4340	< 250	470	Aman
<i>Roller</i>	AISI 1018	< 150	370	Aman

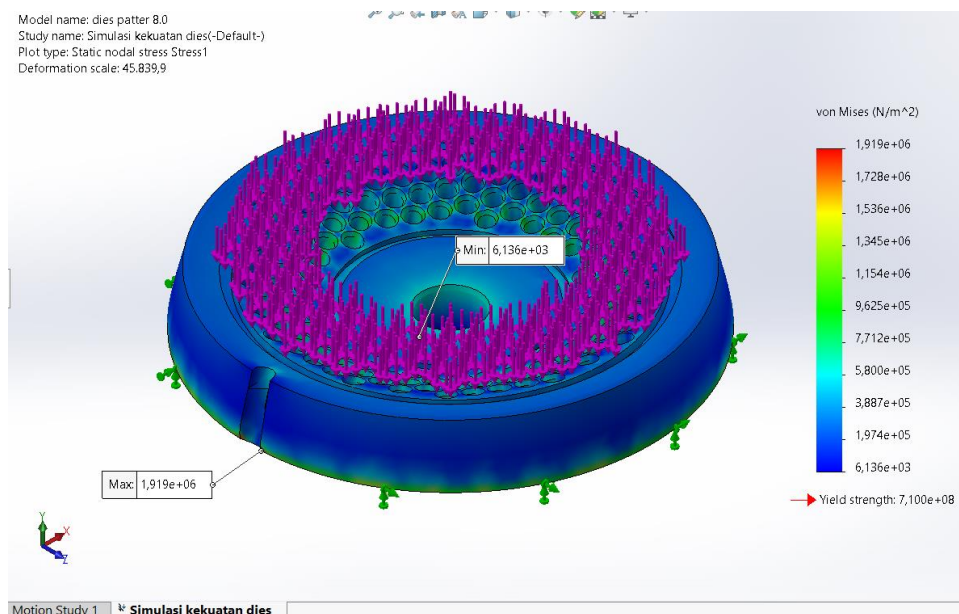
Hasil Simulasi Deformasi dan Regangan

Analisis deformasi memperlihatkan bahwa perubahan bentuk yang terjadi pada *dies* dan *roller* berada dalam kategori sangat kecil sehingga tidak berpengaruh pada presisi kerja mesin maupun kualitas *pellet* yang dihasilkan Budynas & Nisbett, (2006). *Dies* hanya mengalami deformasi kurang dari 0,01 mm, sementara *roller* menunjukkan deformasi maksimal sekitar 0,02 mm. Regangan yang tercatat juga sangat rendah, menunjukkan

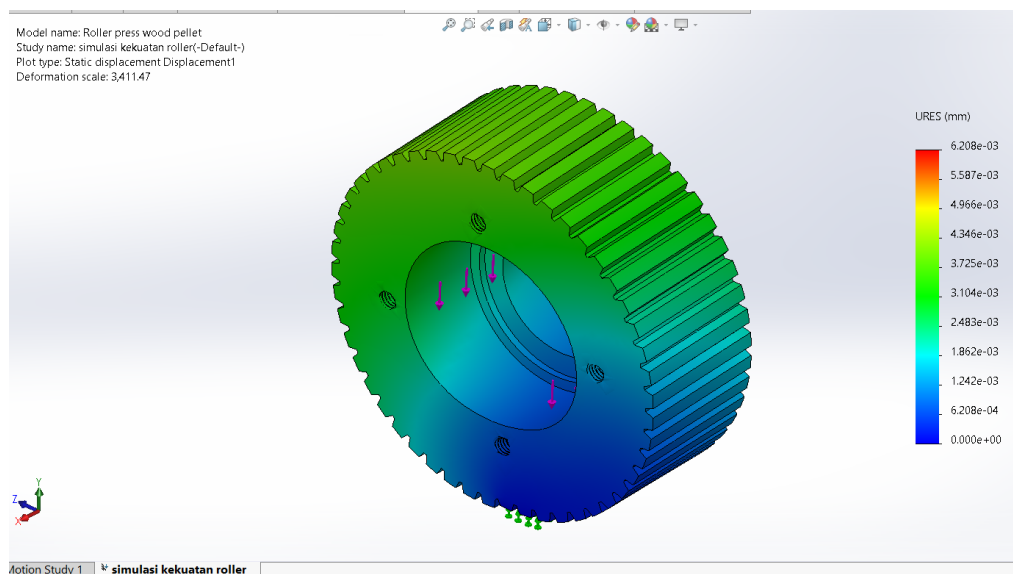
bahwa material masih berada dalam batas elastisnya dan dapat kembali ke bentuk semula setelah beban dilepas. Minimnya deformasi ini penting karena konsistensi bentuk komponen sangat mempengaruhi kestabilan proses kompresi dan ukuran *pellet* yang dihasilkan Kuntara Hasta et al.,(2014).

Tabel 2. Hasil Simulasi Deformasi Komponen

Komponen	Deformasi Maks (mm)	Regangan Maks	Keterangan
<i>Dies</i>	< 0,01	sangat kecil	Stabil
<i>Roller</i>	< 0,02	sangat kecil	Stabil



Gambar 3. Simulasi Tegangan Pada *Dies*
Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 4. Simulasi Perubahan Bentuk Pada *Dies*
Sumber: Dokumen Pribadi

Faktor Keamanan (FOS)

Analisis menunjukkan bahwa *dies* memiliki faktor keamanan mencapai 370, sementara *roller* memiliki FOS yang juga berada jauh di atas standar minimum. Nilai FOS yang tinggi menandakan bahwa desain ini tidak hanya mampu menahan beban operasional, tetapi juga aman apabila terjadi variasi tekanan akibat perbedaan karakteristik biomassa, peningkatan volume material, atau kondisi kerja yang tidak ideal. Margin keamanan yang besar juga mengurangi risiko kegagalan komponen dalam jangka panjang, sehingga mendukung penggunaan mesin secara berkelanjutan.

Pembahasan Umum

Desain *dies* dan *roller* menunjukkan kinerja yang solid berdasarkan hasil analisis struktural dan simulasi teknis. Pemilihan rasio L/D yang tepat menghasilkan tekanan internal yang memadai untuk membentuk *pellet* yang padat, tidak mudah hancur, dan sesuai standar industri. Permukaan *roller* yang bergerigi meningkatkan distribusi tekanan serta mencegah slip material selama proses kompresi. Selain itu, pemilihan material AISI 4340 dan AISI 1018 memberikan keuntungan dalam hal ketahanan aus, kekuatan struktural, efisiensi biaya produksi, dan durabilitas jangka panjang.

Hasil simulasi menegaskan bahwa mesin dapat beroperasi dalam kondisi aman tanpa risiko deformasi atau kerusakan struktural. Keseluruhan perancangan menunjukkan bahwa mesin *pellet biomassa* ini mampu menghasilkan *pellet* berkualitas tinggi secara konsisten dan dapat dioperasikan secara efisien dengan kebutuhan perawatan yang minim. Kombinasi desain teknis, analisis struktural, serta pemilihan material menjadikan mesin ini layak digunakan dalam produksi biomassa berskala kecil hingga menengah.

Simpulan

Perancangan *dies* dan *roller* pada mesin *pellet biomassa* menghasilkan desain komponen yang mampu bekerja secara efektif, aman, dan stabil dalam proses pembentukan *pellet*. Analisis teknis menunjukkan bahwa pemilihan material AISI 4340 untuk *dies* dan AISI 1018 untuk *roller* memberikan ketahanan struktural yang tinggi serta kemampuan menahan tekanan kerja tanpa mengalami kerusakan atau deformasi signifikan. Dimensi *dies* dengan diameter 208 mm, ketebalan 30 mm, serta lubang berdiameter 8 mm dan rasio L/D 3,75 terbukti menghasilkan kompresi optimal sehingga *pellet* memiliki densitas sesuai standar industri biomassa.

Simulasi menggunakan perangkat SolidWorks memperlihatkan bahwa nilai tegangan maksimum pada kedua komponen berada jauh di bawah batas yield strength material, sehingga komponen tergolong aman untuk digunakan dalam pembebanan berulang. Deformasi dan regangan yang rendah menegaskan bahwa *dies* dan *roller* mampu mempertahankan bentuk serta presisi selama proses produksi. Nilai faktor keamanan yang sangat tinggi juga menunjukkan bahwa desain yang diterapkan memiliki reliabilitas dan durabilitas yang baik untuk penggunaan jangka panjang.

Interaksi antara *roller* bergerigi dan *dies* yang memiliki sudut inlet 60 derajat menjadikan proses kompresi material lebih lancar, efisien, dan stabil. Tekanan yang dihasilkan dapat memadatkan serbuk kayu menjadi *pellet* dengan kualitas yang baik dan

ukuran yang seragam. Hasil ini membuktikan bahwa rancangan mekanik yang dikembangkan mampu mendukung produksi *pellet biomassa* dengan kapasitas operasional yang sesuai kebutuhan.

Secara keseluruhan, desain sistem *dies* dan *roller* pada mesin *pellet biomassa* dapat dinyatakan layak untuk diimplementasikan. Komponen yang dirancang tidak hanya memenuhi aspek kekuatan material dan keamanan struktural, tetapi juga mendukung kinerja produksi yang konsisten dan efisien. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan tersebut mampu digunakan sebagai dasar pengembangan mesin *pellet biomassa* yang lebih optimal pada tahap produksi berikutnya.

Referensi

- Anggry A. (2021). *Kekuatan Bahan : Tegangan Dan Regangan Pada Batang*.
- Antaqiya, F. M. A., Budiarto, U., & Jokosisworo, S. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Proses Preheating Pada Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4), 334–344.
- Avraham Harnoy. (2003). *Bearing Design in Machinery_ Engineering Tribology and Lubrication*.
- Bartolome, G. J. C., De Leon, S. M. C., Polinga, C. A., & Roño, J. M. B. (2021). Design, fabrication, and testing of biomass *pelleting* machine for coffee wastes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 633(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/633/1/012002>
- Budynas, & Nisbett. (2006). Shigley's Mechanical Engineering Design, Eighth Edition. In *Analysis*.
- Febriana Tri Wulandari. (2019). Limbah Industri Penggergajian; Kajian dan Pemanfaatannya. *Jurnal Silva Samalas*, 2, 75–78.
- Hakeem, K. R., Jawaid, M., & Alothman, O. Y. (2015). Agricultural biomass based potential materials. In *Agricultural Biomass Based Potential Materials*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-13847-3>
- Jeguirim, M., & Khiari, B. (2022). Green *pellets* production and applications in energy sector. *Renewable Energy Production and Distribution: Recent Developments*, 139–185. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91892-3.00007-8>
- Kuntara Hasta, Gunawan Sigit, & Budi Hartono Sigit. (2014). Penentuan Umur Bantalan Luncur Terlumas Berdasar Laju Keausan Bahan. *Jurusan Teknik Mesin – STTNAS Yogyakarta*, 14(1), 58–77.
- Kusumaningrum, W. B., & Munawar, S. S. (2014). Prospect of bio-*pellet* as an alternative energy to substitute solid fuel based. *Energy Procedia*, 47, 303–309.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.229>

- Lubis, S. (2024). *Dampak Proses Pemotongan Pada Side Milling Dan Face Milling*. 05(01), 128–135.
- Macko, M., & Mrozinski, A. (2019). Work parameters research of wood *pellet* machine. *AIP Conference Proceedings*, 2077(March 2017), 020038. <https://doi.org/10.1063/1.5091899>
- Matúš, M., Križan, P., Beniak, J., & Strigáč, S. (2022). *Pelleting dies – design , material , geometry of pressing channels*. 07(02), 287–295.
- Miloš Matúš, Peter Križan, Lubomír Šooš, & Viliam Veteška. (2021). Design of pressing tools for *pelleting* machines. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 4(1), 052–062. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2021.4.1.0086>
- Pathare, N. R., & Tembhurkar, C. (2016). Fabrication of *Pellet Making Machine*. *International Journal of Innovations in Engineering and Science*, 1(1), 28–30.
- Pradhan, P., Mahajani, S. M., & Arora, A. (2018). Production and utilization of fuel *pellets* from biomass: A review. *Fuel Processing Technology*, 181(September), 215–232. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2018.09.021>
- Primadanty, R. P. (2024). Potensi Biomassa Dalam Transisi Energi di Indonesia. *Parahyangan Economic Development Review*, 2(2), 136–143. <https://doi.org/10.26593/pedr.v2i2.7707>
- Rabbani, F. A., Sukarnoto, T., Afiff, J. M., & ... (2022). Rancang Bangun Mesin Pelet Serbuk Kayu Kapasitas 50 kg/jam. *Prosiding Seminar ...*, 1–10.
- Riset Perkebunan Nusantara. (2022). *Wood Pellet sebagai Alternatif Sumber Energi Terbarukan*. 3(1).
- Saidah, W. K. & A. (2022). Rancang Bangun Mesin Pemotong Penggosok Logam Dan Non Logam Metal and Non Metal Cutting Machine Design. *Jurnal UTA 45 Jakarta*, 7, 1–11.
- Samodra, D. F. J., Marlina, E., & Robbi, N. (2023). Karakteristik Pembakaran Wood *Pellet* Campuran Kayu Merbau-Sekam Padi dengan Metode Single Wood *Pellet*. *Jurnal Teknik Mesin*, 1, 12–16.
- Suwadji, S., & Pebriana, H. (2018). Sifat Wood *Pellet* dari Limbah Kayu Jati. *Jurnal Wana Tropika*, 8(2), 47–58.
- Tegar Arief Pradana, Bambang Yuniarto, M. (2023). Analisis Karakteristik Biopellet Berbahan Dasar Limbah Pertanian Dan Perkebunan Dengan Campuran Zat Perekat Alami. *Teknik Mesin S-1*, 11(3), 494–499.
- Tumuluru, J. S. (2015). High moisture corn stover *pelleting* in a flat die *pellet* mill fitted with

a 6 mm die: Physical properties and specific energy consumption. *Energy Science and Engineering*, 3(4), 327–341. <https://doi.org/10.1002/ese3.74>

Wibowo, S., Arief, K., & Waluyo, T. K. (2021). Characteristics of wood *pellets* from over-dry sawdust waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 914(1), 012069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/914/1/012069>