

Strategi Optimasi Tekanan dan Komposisi Perekat pada Pengempaan Biobriket Tempurung Kelapa Melalui Sistem Monitoring *Real-Time* Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Viona Khaira Fuadi¹, Eko Supriadi²

^{1,2} Teknologi Rekayasa Bioproses Energi Terbarukan, Politeknik ATI Padang

Email: vionakhairafuadi@icloud.com

Article Info

Article history:

Received Januari 15, 2026

Revised Januari 22, 2026

Accepted Januari 31, 2026

Keywords:

Biobriquettes, IoT, Hydraulic System, Pressure Sensor, Coconut Shell, Biobriquette Quality

ABSTRACT

Energy needs continue to increase while the availability of fossil energy is decreasing, so it is necessary to develop environmentally friendly renewable energy. One potential alternative is biomass-based biobriquettes, for example coconut shells, but the production process is still hampered by manual pressing tools that produce unstable pressure and inconsistent product quality. This study aims to modify the biobriquette pressing tool with an Internet of Things (IoT)-based hydraulic system using a 2-ton Zemic Load Cell pressure sensor, HX711 amplifier, and ESP32 microcontroller integrated with an LCD and Blynk application for real-time monitoring. The research method includes the design stage of the tool, testing variations in adhesive (4%, 5%, 7%, 9%), pressure variations (40, 60, 80, 100 Psi), and particle size (mesh 80 and 100), as well as evaluating the quality of the biobriquettes referring to SNI parameters. The results showed optimum conditions at 5% adhesive, 80 Psi pressure, and 100 mesh with a water content of 6.91%, a density of 0.63-0.97 g/cm³, ash content of 12-13%, volatile matter of 15-19%, and fixed carbon of 61-66%. It can be concluded that the application of IoT in the hydraulic system has succeeded in improving the accuracy of pressure monitoring, process efficiency, and consistency of biobriquette quality, although the ash and volatile matter content still need to be reduced to meet SNI standards.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received Januari 15, 2026

Revised Januari 22, 2026

Accepted Januari 31, 2026

Keywords:

Biobriket, IoT, Sistem Hidrolik, Sensor Tekanan, Tempurung Kelapa, Mutu Biobriket

ABSTRACT

Kebutuhan energi terus meningkat sementara ketersediaan energi fosil semakin menurun, sehingga diperlukan pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu alternatif yang potensial adalah biobriket berbasis biomassa, misalnya tempurung kelapa, namun proses produksinya masih terkendala pada alat pengepres manual yang menghasilkan tekanan tidak stabil dan mutu produk kurang konsisten. Penelitian ini bertujuan memodifikasi alat pengempa biobriket dengan sistem hidrolik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor tekanan Load Cell Zemic 2 ton, amplifier HX711, dan mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan LCD serta aplikasi Blynk untuk pemantauan real-time. Metode penelitian meliputi tahap perancangan alat, pengujian variasi perekat (4%, 5%, 7%, 9%), variasi tekanan (40, 60, 80, 100 Psi), dan ukuran partikel (mesh 80 dan 100), serta evaluasi mutu biobriket mengacu pada parameter SNI. Hasil menunjukkan kondisi optimum pada perekat 5%, tekanan 80 Psi, dan mesh 100 dengan kadar air 6,91%, densitas 0,63-0,97 g/cm³, kadar abu 12-13%, volatile matter 15-19%, dan fixed

carbon 61-66%. Dapat disimpulkan bahwa penerapan IoT pada sistem hidrolik berhasil meningkatkan akurasi pemantauan tekanan, efisiensi proses, dan konsistensi mutu biobriket, meskipun kandungan abu dan volatile matter masih perlu diturunkan agar sesuai standar SNI.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Viona Khaira Fuadi

Politeknik ATI Padang

Email: vionakhairafuadi@icloud.com

PENDAHULUAN

Krisis energi fosil yang ditandai dengan fluktuasi harga minyak dunia dan dampak emisi gas rumah kaca telah memaksa banyak negara, termasuk Indonesia, untuk mempercepat transisi energi. Indonesia memiliki target ambisius bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025. Salah satu sumber daya yang paling melimpah namun masih dipandang sebagai limbah adalah tempurung kelapa. Dengan luas perkebunan kelapa yang masif di Indonesia, tempurung kelapa menawarkan karakteristik luar biasa sebagai bahan bakar padat: kerapatan karbon yang tinggi, kadar abu yang rendah, serta nilai kalor yang mampu bersaing dengan batubara sub-bituminus.

Proses konversi arang tempurung kelapa menjadi biobriket melalui metode densifikasi bertujuan untuk meningkatkan rasio energi per volume. Namun, secara teknis, kualitas biobriket sangat ditentukan oleh interaksi antara tekanan pengempaan (*compaction pressure*), ukuran partikel, dan konsentrasi bahan pengikat (*binder*). Pada industri skala kecil (IKM), alat pengempa seringkali bersifat manual atau semi-otomatis tanpa instrumen ukur yang presisi. Ketiadaan kontrol tekanan yang terukur menyebabkan variasi porositas pada produk briket. Briket dengan tekanan rendah akan mudah pecah saat transportasi (*low durability*), sedangkan tekanan yang berlebihan dapat menghambat difusi oksigen saat pembakaran, sehingga briket sulit menyala.

Revolusi Industri 4.0 membawa teknologi *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi manufaktur. Integrasi sensor cerdas pada peralatan tradisional memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision*). Penggunaan mikrokontroler ESP32, yang dilengkapi modul Wi-Fi, memungkinkan data dari sensor tekanan (*Load Cell*) dikirimkan ke *cloud* secara instan. Hal ini memungkinkan operator tidak hanya melihat tekanan pada layar alat, tetapi juga memantau tren produksi melalui perangkat seluler, menjamin standarisasi produk yang ketat.

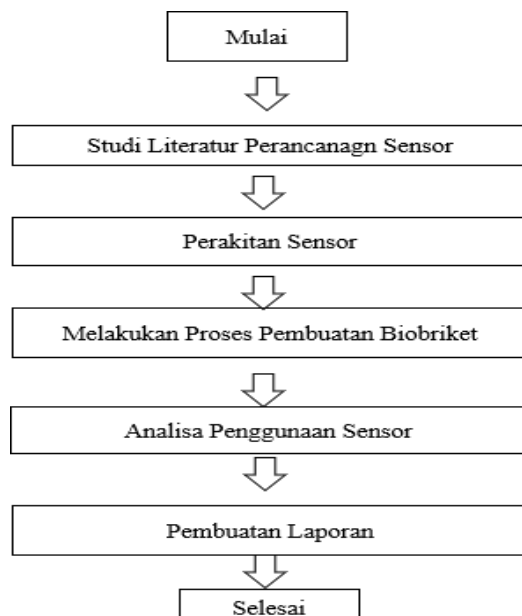
Penelitian ini bertujuan untuk menjembatani celah antara teknologi mekanik tradisional dengan sistem monitoring digital. Kebaruan yang ditawarkan adalah pengembangan sistem kontrol umpan balik (*feedback system*) menggunakan alarm dan visualisasi Blynk yang memandu operator untuk mencapai tekanan target secara konsisten. Penelitian ini juga

mengkaji secara mendalam optimasi variabel proses untuk menghasilkan biobriket yang tidak hanya kuat secara fisik, tetapi juga unggul secara karakteristik kimiawi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Politeknik ATI Padang dari bulan April hingga September 2025. Metode yang digunakan adalah perancangan dan eksperimen yang meliputi beberapa tahapan prosedur kerja.

Perancangan Sistem dan Alat

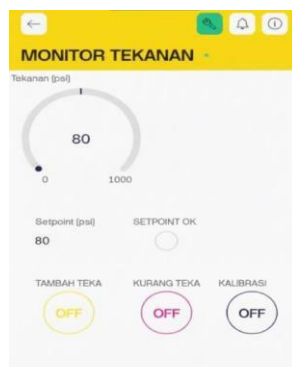


Alat pengempa biobriket dengan sistem hidrolik yang ada dimodifikasi dengan mengintegrasikan sistem monitoring IoT. Sistem ini terdiri dari sensor tekanan *Load Cell Zemic 2 Ton* yang dipasang untuk mendeteksi gaya tekan dari piston hidrolik. Sinyal analog dari *load cell* diperkuat oleh modul HX711 sebelum diproses oleh mikrokontroler ESP32. Data tekanan yang telah diolah kemudian ditampilkan secara lokal pada layar LCD 16x2 dan dikirimkan ke *platform* Blynk melalui koneksi Wi-Fi untuk pemantauan jarak jauh.



Gambar 1. Alat pengempa biobriket yang telah dimodifikasi dengan sistem sensor tekanan dan LCD

Sistem ini memungkinkan operator untuk melihat nilai tekanan secara *real-time* dan menerima notifikasi pada aplikasi Blynk ketika tekanan yang diinginkan telah tercapai, seperti yang ditunjukkan pada gambar:



Gambar 2. Tampilan antarmuka aplikasi Blynk untuk monitoring tekanan secara real-time

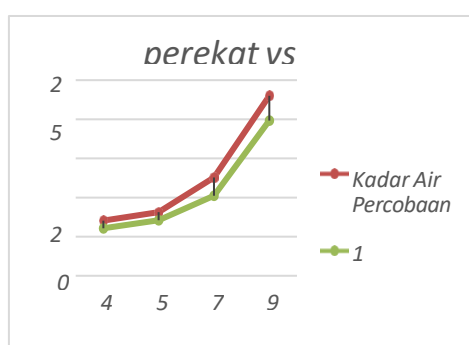
Prosedur Eksperimen

Bahan baku utama adalah arang tempurung kelapa yang dihaluskan dan diayak dengan variasi ukuran 80 dan 100 mesh. Tepung kanji digunakan sebagai perekat alami dengan variasi konsentrasi 4%, 5%, 7%, dan 9% dari berat arang. Adonan dicetak menggunakan alat pengempa dengan variasi tekanan 40, 60, 80, dan 100 Psi. Biobriket yang dihasilkan kemudian dikeringkan dan diuji mutunya sesuai standar SNI 01-6235-2000, meliputi uji kadar air, densitas, kadar abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Variasi Perekat terhadap Kadar Air

Analisis pengaruh konsentrasi perekat terhadap kadar air biobriket menunjukkan tren yang jelas. Seperti terlihat pada Grafik 1.



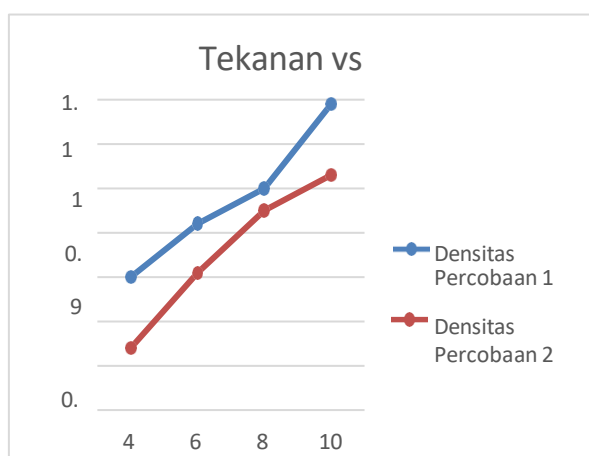
Grafik 1. Pengaruh variasi perekat terhadap kadar air biobriket

Peningkatan persentase perekat dari 4% menjadi 9% menyebabkan kenaikan kadar air secara signifikan. Hal ini terjadi karena semakin banyak perekat kanji yang digunakan, semakin banyak pula air yang dibutuhkan untuk proses gelatinisasi, sehingga kadar air akhir pada briket cenderung lebih tinggi.

Berdasarkan standar SNI yang membatasi kadar air maksimal 8%, konsentrasi perekat 5% dipilih sebagai kondisi optimum karena menghasilkan kadar air rata-rata 6,91-7,29%, yang masih berada dalam rentang standar. Sementara itu, penggunaan perekat 7% dan 9% menghasilkan kadar air yang jauh di atas ambang batas.

Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Densitas

Tekanan pengepresan merupakan faktor krusial yang menentukan kepadatan biobriket. Grafik 2 menunjukkan bahwa secara umum, peningkatan tekanan dari 40 Psi ke 100 Psi berbanding lurus dengan peningkatan densitas. Tekanan yang lebih tinggi mampu memampatkan partikel arang dengan lebih efektif, mengurangi porositas, dan menghasilkan briket yang lebih padat.



Grafik 2. Pengaruh variasi tekanan pengepresan terhadap densitas biobriket

Tekanan optimal ditemukan pada 80 Psi, yang menghasilkan densitas rata-rata 0,79 g/cm³. Nilai ini mendekati batas atas standar SNI (0,5-0,8 g/cm³) dan menghasilkan briket yang kokoh. Meskipun tekanan 100 Psi menghasilkan densitas yang lebih tinggi, briket cenderung mengalami keretakan saat pengeringan.

Analisis Mutu Biobriket pada Kondisi Optimum

Pengujian mutu komprehensif dilakukan pada biobriket yang diproduksi pada kondisi optimum (perekat 5%, tekanan 80 Psi, dan ukuran partikel 100 mesh). Hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Mutu Biobriket pada Kondisi Optimum

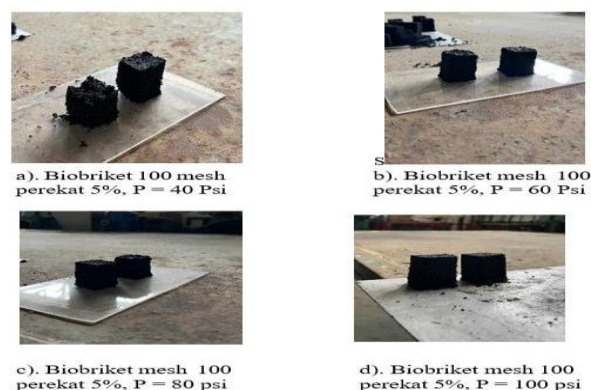
Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Standar SNI 01-6235-2000	Keterangan
Kadar Air	%	6,91	Maks. 8	Memenuhi
Densitas	g/cm ³	0,63	0,5-0,8	Memenuhi
Kadar Abu	%	12	Maks. 8	Tidak Memenuhi
Volatile Matter	%	15	Maks. 15	Memenuhi

Fixed Carbon	%	66,09	-	-
--------------	---	-------	---	---

Hasil uji menunjukkan bahwa biobriket telah memenuhi standar SNI untuk parameter kadar air, densitas, dan *volatile matter*. Nilai *fixed carbon* yang tinggi (66,09%) mengindikasikan potensi nilai kalor yang baik dan durasi pembakaran yang lama. Namun, kadar abu (12%) masih melebihi batas maksimal SNI. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses karbonisasi yang belum sempurna atau kandungan mineral bawaan dari bahan baku.

Keseragaman dan Konsistensi Produk

Salah satu keunggulan utama dari integrasi sistem IoT adalah peningkatan konsistensi produk. Dari 25 sampel yang diproduksi pada kondisi optimum, diperoleh tingkat keseragaman dimensi dan densitas yang sangat tinggi, yaitu sekitar $\pm 98\%$. Variasi tinggi briket hanya berkisar antara 3,80-4,20 cm dengan densitas yang relatif stabil. Hal ini membuktikan bahwa pemantauan tekanan secara *real-time* berhasil menjaga stabilitas proses dan menghasilkan produk yang seragam, seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh biobriket yang dihasilkan pada berbagai tekanan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem monitoring tekanan berbasis IoT berhasil dirancang dan diintegrasikan pada alat pengempa biobriket, memungkinkan pemantauan *real-time* melalui LCD dan aplikasi Blynk.
2. Integrasi IoT secara signifikan meningkatkan konsistensi dan keseragaman mutu biobriket hingga $\pm 98\%$ pada kondisi optimum.
3. Kondisi proses terbaik untuk pembuatan biobriket dari tempurung kelapa adalah menggunakan perekat kanji 5%, tekanan pengepresan 80 Psi, dan ukuran partikel 100 mesh.
4. Biobriket yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI untuk parameter kadar air, densitas, dan *volatile matter*, namun kadar abu masih perlu ditingkatkan melalui optimalisasi proses karbonisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansar, A., Nazaruddin, N., & Atmaja, R. (2020). Pengaruh Tekanan Pengempaan Terhadap Karakteristik Briket Arang Limbah Pertanian. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 8(2), 201-210.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 01-6235-2000: Briket Arang Kayu*. Jakarta: BSN.
- Bahillo, A., et al. (2003). NO_x and N₂O Emissions during Fluidized Bed Combustion of Biobriquettes. *Energy & Fuels*, 17(5).
- Gunawan, & Prasetyo. (2021). Optimasi Tekanan dan Komposisi Perekat pada Pembuatan Biobriket. *Jurnal Energi Terbarukan*.
- Kaliyan, N., & Morey, R. V. (2009). Factors affecting strength and durability of densified biomass products. *Biomass and Bioenergy*, 33(3), 337-359.
- Kurniawan, A. (2023). Implementasi IoT pada Sistem Manufaktur Cerdas. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 12(3), 145-152.
- Putri, I. D., Maharani, S. A., NH, H., & Nirmala, D. (2025). Rancang Bangun Prototype Pencetak Biobriket dengan Sistem Hidrolik. *Jurnal Sains dan Teknologi (JSIT)*, 5(1), 16-22.
- Rachmawati, dkk. (2020). Pengaruh Penambahan Perekat Tepung Kanji Terhadap Karakteristik Biobriket. *Jurnal Teknik Kimia*.
- Setyawan, B. (2021). Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Energi Alternatif. *Jurnal Energi Baru Terbarukan*, 2(1), 34-40.
- Tirto, I. (2021). Analisis Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*.