

## Rancang Bangun Mesin *Screw Extruder* Pencetak Arang Briket

Hadi Santosa<sup>1</sup>, Yuliati<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

Jl. Dinoyo 42-44 Kota Surabaya 60265 Jawa Timur

\*[yuliati@ukwms.ac.id](mailto:yuliati@ukwms.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i2.14176>

### Abstrak

Upaya pemanfaatan energi baru terbarukan yang berkelanjutan bertujuan untuk memaksimalkan sumber daya dan potensi energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif dan meminimalkan pemakaian minyak bumi atau energi fosil. Salah satu sumber energi alternatif berbentuk biomassa adalah biobriket. Salah satu tahapan teknologi pembuatan biobriket adalah proses pemadatan atau densifikasi bahan briketnya. Berpijak pada hal ini maka tujuan penelitian ini adalah rancang bangun mesin *screw extruder* pencetak biobriket. Alat ini didesain hemat energi, mudah pengoperasian dan pemeliharaannya. Metode penelitian yang digunakan adalah perhitungan dan analisa elemen elemen mesin dalam desain awal alat, perancangan material / bahan serta pembuatan bahan biobriket untuk pengujian alat dalam upaya menguji unjuk kerja dan spesifikasi teknis alat. Adapun hasil penelitian ini adalah alat *screw extruder* pencetak biobriket terdapat tiga tahapan proses yaitu *feed section*, *compression section* dan *metering section*. Spesifikasi teknisnya adalah alat ini berpenggerak utama motor listrik dengan kecepatan putar 1400 rpm dan berdaya listrik 2 HP, *V belt* yang digunakan berbentuk trapezium bertipe A. Bagian *screw extruder* memiliki torsi pemutar *extruder* 0,055 kg m serta daya penggerak *extruder* sebesar 0,042 HP. Keluaran dari mesin ini bersifat kontinu dengan kapasitas briket yang dihasilkan 200 kg/jam.

**Kata Kunci** : biomassa, densifikasi, elemen, energi, kontinu, organik

### Abstract

*Efforts to use renewable energy in a sustainable manner aim to maximize the resources and potential of renewable energy as an alternative energy source and minimize the use of petroleum or fossil energy. One of the alternative energy sources in the form of biomass is bio briquettes. One of the technological stages of making bio briquettes is the process of compaction or densification of the briquette material. Based on this, the purpose of this research is to design a screw extruder machine for bio briquette printing. This tool is designed to be energy efficient, easy to operate and maintain. The research method used is the calculation and analysis of machine elements in the initial design of the tool, the design of materials / materials and the manufacture of bio briquette materials for testing tools in an effort to test the performance and technical specifications of the tool. The result of this research is that there are three stages of the bio briquette printing screw extruder, namely the feed section, compression section and metering section. The technical specifications are that this tool is primarily driven by an electric motor with a rotating speed of 1400 rpm and an electrical power of 2 HP, the V belt used is a trapezoid type A. The screw extruder has an extruder turning torque of 0.055 kg m and an extruder driving power of 0.042 HP. The output of this machine is continuous with a briquette capacity of 200 kg/hour.*

**Key words** : biomass, densification, element, energy, continuous, organic

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi baru terbarukan khususnya penggunaan energi biomassa antara lain bertujuan untuk memaksimalkan sumber daya dan potensi energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan meminimalkan pemakaian minyak bumi atau energi fosil. Sumber energi terbarukan dapat dihasilkan antara lain bersumber dari panas bumi, angin (bayu), matahari, aliran air, gerakan atau perbedaan suhu lapisan laut

maupun bioenergi. Sumber bioenergi yang ramah lingkungan yang sebagian besar memanfaatkan sampah atau limbah baik berwujud limbah padat, cair maupun gas dan dapat dihasilkan antara lain dari bahan bakar nabati, biogas dan biomassa. Hal ini bertujuan untuk mengurangi beban pencemaran lingkungan, menekan emisi CO<sub>2</sub> yang berdampak pada pemanasan global (Sudirman & Santoso, 2021). Salah satu sumber energi alternatif bentuk biomassa yang berasal dari limbah padat organik rumah tangga, pertanian/agroindustri adalah biobriket (Rahul & Sreenivasan, 2019). Adapun bahan baku biomassa dapat diperoleh antara lain dari dedaunan, ranting tanaman, rumput, limbah pertanian/ agroindustri, tempurung kelapa, tongkol

### Article History:

**Received:** March, 28<sup>th</sup> 2022; **Accepted:** July, 13<sup>th</sup> 2023

### Cite this as :

Santosa, H & Yuliati. 2023. Rancang Bangun Mesin *Screw Extruder* Pencetak Arang Briket. *Rekayasa*. Vol 16(2). 250-256.

jagung, sekam padi, serbuk gergaji limbah hutan, tinja maupun kotoran ternak (Rifdah *et al.*, 2018). Menurut (Kongprasert *et al.*, 2019), (Parinduri & Parinduri, 2020) dan (Akande & Olorunnisola, 2018) terdapat tiga jenis teknologi konversi termal biomassa menjadi energi yaitu pembakaran langsung, konversi termo-kimiawi seperti gasifikasi, pirolisis dan liquifikasi, serta konversi biokimiawi seperti biogas fermentasi anaerob, bioetanol dan biodiesel. Pemanfaatan energi biomassa dengan proses densifikasi biomassa menjadi biobriket bertujuan untuk meningkatkan densitas dan menaikkan nilai kalor per unit volumenya. Hal ini juga bertujuan untuk mempermudah penyimpanan dan pengangkutan briket karena dimensi /ukuran, bentuk dan kualitasnya yang homogen (Anderson *et al.*, 2017). Di lain pihak, teknologi pembakaran langsung memiliki potensi dalam meningkatkan efisiensi bahan bakar biomassa karena pembuatan briket biomassa relatif sederhana, memerlukan biaya rendah serta memiliki potensi dan prospek ekonomi yang baik dalam menciptakan energi alternatif terbarukan yang berkelanjutan.

Menurut (Ningsih, 2019) dan Fadeyibi & Adebayo, (2021) bio briket diperoleh dari bahan baku berupa serbuk/ sisa potongan kecil berasal dari sisa, limbah atau sampah organik serta memiliki kandungan kalor yang tinggi. Bahan baku organik diproses dengan pembakaran langsung atau pengarang dan pencampuran bahan perekat sebagai pengikatnya untuk membantu penyerapan air dan pembentukan struktur yang keras dan padat atau penggabungan antara dua atau lebih substrat yang direkat (Wasekar & Baxi, 2013). Mekanisme pembakaran biomassa terdiri dari tiga tahap meliputi tahap pengeringan, devolatilisasi, dan pembakaran arang (Mulyana & Suryaningsih, 2019). Teknologi dan jenis peralatan densifikasi briket biomassa terbagi dalam lima jenis yaitu densifikasi tekan piston, densifikasi tekan sekrup (*screw*), densifikasi tekan *roller*, pelet dan pengepresan briket manual bertekanan rendah (Bhatkar *et al.*, 2017). Beberapa penelitian tentang desain dan pengembangan teknologi alat pembuatan briket juga telah di bangun dengan spesifikasi teknis yang disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya seperti alat piston dan pelat kompresi sederhana (Okwu, 2018; Obi *et al.*, 2013), sistem silinder hidrolik (Kowalski *et al.*, 2018), maupun sistem *screw press* (Fadeyibi & Adebayo, 2021). Namun saat ini harga alat produksi biobriket ini masih relatif tinggi di pasaran dan secara

ekonomi tidak terjangkau oleh kemampuan usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM). Berpijak pada hal tersebut serta melihat potensi dalam pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi alternative, maka dalam penelitian ini berfokus pada kegiatan rancang bangun mesin *screw extruder* pencetak briket. Dalam proses ini, biomassa diekstrusi secara kontinyu, bertekanan tinggi yang sekaligus akan membantu pemadatan dan proses keluarnya cairan pengikatnya. Proses pencetakan pada bagian tengah/ inti briket didesain berongga yang berfungsi sebagai saluran pemasok udara yang diperlukan untuk pembakaran serta mesin berjalan kontinyu (*smoothly*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang bangun mesin *screw extruder* pencetak biobriket yang terjangkau dari segi harga untuk skala UMKM, efisien, mudah pengoperasiannya (*user friendly*) hemat energi serta mudah pemeliharaannya.

## METODE PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian ini secara garis besar terbagi dalam empat bagian seperti ditunjukkan pada Gambar 1 :



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian Tahapan pembuatan biobriket yang dilakukan dalam persiapan pengujian alat *screw extruder* pencetak briket adalah :

- Pengumpulan bahan baku dari limbah/sampah organik daun berasal dari daun sono, daun ketepeng atau daun mangga yang banyak diperoleh atau serbuk gergaji di sekitar lingkungan rumah/ pekarangan dan penjemuran di bawah terik matahari langsung seperti ditunjukkan pada Gambar 2.
- Pembuatan bahan pengikat dari tepung tapioka yang telah direbus terlebih dahulu menjadi lem/perekat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.
- Proses pengarang bahan baku setelah dijemur pada langkah (a) dalam sebuah wadah kemudian ditutup seperti pada Gambar 4 agar terjadi pembakaran tidak sempurna sehingga akan terbentuk arang (Gambar 5).



Gambar 2. Serbuk Gergaji Kayu dan Daun Kering



Gambar 3. Lem dari Tepung Tapioka sebagai Bahan Pengikat



Gambar 4. Proses Pengarangan



Gambar 5. Hasil Pengarangan Tekstur Kasar Penghalusan arang pada langkah (c) dapat dilakukan dengan cara ditumbuk dan atau diayak agar proses pencampuran dengan bahan pengikat lem tapioka lebih homogen.

- d. Pembuatan bahan adonan briket yang akan dimasukkan ke dalam *hopper* alat *screw extruder* yang terdiri dari campuran serbuk arang dan perekat tepung tapioka.
- e. Proses pemadatan dan pencetakan briket menggunakan alat serta pemotongan hasil bio

briket sebagai luaran alat sesuai ukuran yang dibutuhkan.

- f. Proses pengeringan bio briket di bawah sinar matahari. Hasil proses pencetakan bio briket dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Bio Briket

### Perhitungan Diameter Screw

Pada tahap awal diperlukan perhitungan beberapa parameter penyusun mesin. Adapun perhitungan diameter *screw extruder* alat dapat diturunkan dari persamaan *material rate removal* : (Black, 2012)

$$MRR = (\pi D^2 / 4) f_r n_s i n^3 \dots \dots \dots (1)$$

MRR adalah volume material yang berpindah ketika *screw* berputar. Sedangkan kapasitas dapat ditentukan dengan rumus :

$$Q = MRR \times \text{density bahan} \dots \dots \dots (2)$$

$$Q = \frac{1}{4} \pi D^2 s n \gamma \dots \dots \dots (3)$$

$$D^2 = \frac{4Q}{\pi s \gamma n} \dots \dots \dots (4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi s \gamma n}} \dots \dots \dots (5)$$

Sehingga formula untuk perhitungan diameter *screw extruder* adalah :

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{60 \pi s n i \gamma c}} \dots \dots \dots (6)$$

D = diameter *shaft* (cm)

s = jarak *pitch* (cm)

c = faktor koreksi inklinasi

n = putaran mesin *extruder* (rpm)

$\gamma$  = *density* serbuk arang ( $\frac{gr}{cm^3}$ )

i = *loading efficiency* untuk material tidak abrasif dan aliran bebas mengalir

Q = kapasitas mesin (kg / jam)

**Perhitungan Daya Penggerak Extruder**

$$\text{Daya} = \text{Putaran} \times \text{Torsi} = n \times M_o \dots \dots \dots (7)$$

n = putaran extruder (rpm)

$M_o$  = torsi extruder (kg m)

Perhitungan horsepower untuk mesin extruder adalah :

$$FHP = \frac{DF \times HBF \times L \times n}{1.000.000} \dots \dots \dots (8)$$

FHP= Friction HP (HP diperlukan untuk menjalankan extruder kosong)

DF = Faktor Diameter extruder = 12 untuk diameter extruder 4"

HBF = Faktor Bearing = 1,7 untuk HBF berbahan bronze

L = Panjang extruder (kaki)= 20,6 inch

n = Kecepatan extruder (RPM) = 80 rpm (maximum)

**Perhitungan Rangkaian Daya Penggerak Utama Alat Extruder Briket**

- Laju aliran material carbon fine

$$V = s \times n \dots \dots \dots (9)$$

V = laju material

s = jarak pitch (cm)

n = putaran per menit

- Berat material per satuan panjang

$$q = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (10)$$

q = berat material per satuan panjang ( $\frac{kg}{m}$ )

V = kecepatan aliran carbon fine ( $\frac{cm}{menit}$ )

- Gaya axial pada screw extruder

$$P = q \times L \times f_o \dots \dots \dots (11)$$

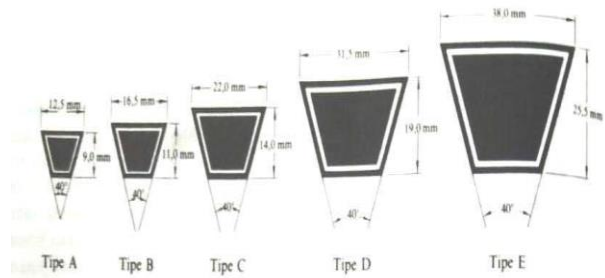
**Perhitungan motor listrik**

Besar daya motor listrik sebagai penggerak utama alat adalah :

$$\text{Daya} = \text{Torsi (Nm)} \times \text{Putaran (rpm)} \dots \dots (11)$$

**Transmisi Sabuk V**

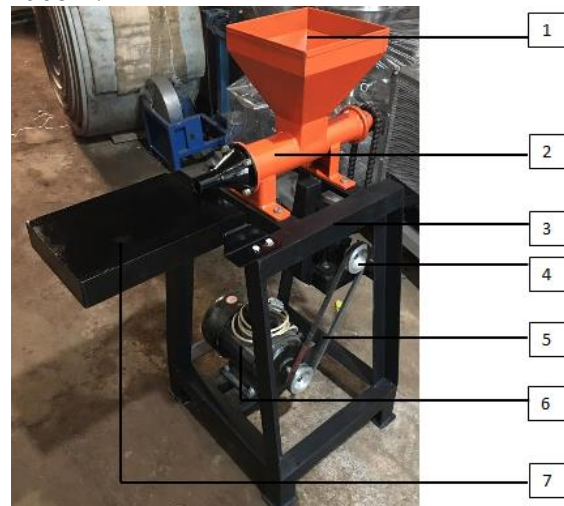
Sabuk V (V-belt) yang digunakan sebagai komponen mesin ini terbuat dari karet dan berpenampang berbentuk trapezium serta dibelitkan pada pulley. Berbagai bentuk dan proporsi penampang sabuk V yang umum dan sering digunakan dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Bentuk dan Proporsi Penampang Sabuk V

**HASIL PEMBAHASAN**

Realisasi teknologi alat screw extruder pencetak briket seperti ditunjukkan pada gambar 12 memiliki kapasitas mesin (Q) = 200 kg/jam dengan putaran screw = 150 rpm, jarak pitch (s)= 4 cm serta sudut kemiringan = 20°, dengan kecepatan linier sabuk V-belt tipe A sebesar 2.53 m/s dengan kebutuhan daya motor penggerak menggunakan motor 2 HP (Gambar 8) dengan spesifikasi dijelaskan pada Tabel 1.



Gambar 8. Alat Screw Extruder Pencetak Arang Briket

Keterangan

1. Hopper
2. Extruder chamber
3. Rangka
4. Pulley
5. V-belt
6. Motor listrik
7. Ruang penampung briket

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Alat Screw Extruder Pencetak Briket

No	Deskripsi	Keterangan
1	Dimensi alat	Panjang = 0,50 m, lebar = 0,70 m tinggi = 1,25 m
2	Tipe alat	Screw extruder

No	Deskripsi	Keterangan
3	Bahan rangka	Baja karbon ST 40
4	Bahan extruder chamber	SS304
5	Sabuk V	Tipe A (trapezium)
6	Penggerak utama	Motor listrik
7	Putaran motor listrik	1400 rpm
8	Daya motor listrik	2 HP
9	Diameter pulley besar dan kecil	0,6 m dan 0,0345 m
10	Torsi pemutar extruder	0,055 kg m
11	Diameter extruder	0,1016 m
12	Daya Penggerak Extruder	0,042 HP
13	Diameter shaft	2 inch
14	Keluaran dari mesin	kontinyu
15	Kapasitas alat	200 kg/ jam

Beberapa desain mesin pencetak bio briket telah dikembangkan dewasa ini. Teknologi sistem piston oleh (Bhatkar *et al.*, 2017) memiliki kapasitas 2.5 kg/jam dengan daya tekan sebesar 300 psi sedangkan (Romallosa, 2017) dengan kapasitas 102 kg/jam dengan proses yang tidak kontinyu karena melalui beberapa tahapan yaitu pemasukan bahan, penekanan (*pressing*) dan melepaskan hasil briket (*releasing*) keluar dari outletnya. Namun kedua hasil penelitian ini memerlukan bahan baku briket harus dihaluskan terlebih dahulu untuk masuk ke dalam mesin pencetak briketnya.

Adapun hasil riset dengan sistem *screw extruder* ini kapasitas mesin besar 200 kg/ jam dan proses sistem extruder ini kontinyu. Diameter ekstruder lebih kecil dari *pulley* penggeraknya sehingga kebutuhan daya (*power*) penggerak *extruder* sebesar 0.042 HP dan dengan *safety factor* tiga kali, memperhitungkan rugi rugi gesekan di *pulley*, di bantalan (*bearing*), di gesekan antara *extruder* dengan ruang silinder briket maka digunakan motor penggerak seperangkat *extruder* nya sebesar 2 HP. Bahan material briket tidak perlu dihaluskan dengan sistem *screw extruder* ini krn berfungsi *screw extruder* berfungsi juga sebagai grinding bahan juga. Alat ini juga tidak memerlukan tekanan terlalu tinggi yaitu sebesar 360 psi.

Pada mesin molding briket (Putra *et al.*, 2021) pembuatan briket dengan molding mesin memerlukan waktu yang lebih panjang karena melalui tahapan memasukkan bahan baku ke molding, menekan bahan baku dengan tekanan piston, lepaskan hasil briket dan proses tidak kontinyu sedangkan denngan *screw extruder* ini

proses lebih singkat karena luaran dari *screw extruder* berbentuk briket. Daya kompres mesin briket (Kabaş *et al.*, 2022) memiliki daya kompres besar yaitu 450 KN sedangkan dengan sistem *screw extruder* daya kompres yang diperlukan sebesar 70.1 KN. Hasil nilai kalor briket yang dihasilkan dari bahan limbah pertanian seperti kulit kacang tanah (*ground nut shell*) adalah 4750 kcal/kg (Kathuria, 2012), daun kering dan kertas 4,179.80 kcal/kg (Ifa *et al.*, 2020) dan untuk bahan sisa/ampas teh sebesar 4237 kcal/kg (Patil, 2019) sedangkan hasil briket *screw extruder* ini dengan bahan baku daun kering adalah 6197 kcal/kg.

Aspek produksi mesin briket ini memiliki kapasitas maksimum 200 kg /jam secara kontinyu dengan penggerak motor listrik 2 HP dan kecepatan putar 1400 rpm. Ketersediaan bahan baku sangat melimpah dan mudah dijumpai di sekitar karena dapat berupa limbah/ sampah organik rumah tangga, ranting, dedaunan yang dikeringkan terlebih dahulu di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air sebelum masuk ke tahap pengarangan. Proses produksi pembuatan briket berbahan baku limbah organik ini dari aspek lingkungan pun asap yang dikeluarkan dari proses pengarangan tidak lah banyak menimbulkan polusi. Hasil briket yang dihasilkan dengan mesin *screw extruder* ini dengan bahan baku daun ranting kering telah diujikan di laboratorium Komite Akreditasi Nasional (KAN) dengan metode pengujian menggunakan *bomb calorimeter* dengan parameter hasil yaitu nilai kalor sebesar 6.197 kal/gr, kadar air 5.5%, kadar abu 23.5%, *volatile matter* 23.6% dan *fixed carbon* 47.4%.

## KESIMPULAN

Pemanfaatan dan pengolahan kembali residu bahan organik dari limbah pertanian/agroindustri dan serbuk gergaji dapat menghasilkan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Rancang bangun teknologi alat *screw extruder* pencetak arang briket skala kecil telah dapat diujicobakan dengan memanfaatkan bahan baku dari daun kering maupun serbuk bekas gergaji kayu. Alat ini berpenggerak utama motor listrik dengan kecepatan putar 1400 rpm dan berdaya listrik 2 HP sehingga *V belt* yang digunakan berbentuk trapezium bertipe A. Bagian *screw extruder* memiliki torsi pemutar *extruder* 0,055 kg m serta daya penggerak *extruder* sebesar 0,042 HP. Keluaran dari mesin ini bersifat kontinyu dengan

kapasitas briket yang dihasilkan 200 kg/jam. Hasil briket yang dihasilkan Bahan material briket tidak perlu dihaluskan dengan sistem *screw extruder* karena berfungsi sebagai grinding bahan juga, dengan daya tekan 360 psi, daya kompres yang diperlukan sebesar 70.1 KN. Hasil nilai kalor briket *screw extruder* dengan bahan baku daun kering adalah 6197 kcal/kg.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akande, O. M., & Olorunnisola, A. O. (2018). Potential of briquetting as a waste-management option for handling market-generated vegetable waste in Port Harcourt, Nigeria. *Recycling, 3*(2).
- Anderson, J., Helwani, Z., & Komalasari. (2017). Proses Densifikasi Pelepah Sawit Menggunakan Gliserol Sebagai Filler Menjadi Bahan Bakar Padat. *Jom FTEKNIK, 4*(1), 1–4.
- Bhatkar, O. P., Patil, S. S., Tambe, S. P., Wafelkar, N. N., & Manjarekar, P. P. (2017). Design and Fabrication of Densified Biomass Briquette Maker Machine. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 2*(2), 805–807.
- Black, J. T. A. K. (2012). *Degarmo's Material and Processes in Manufacturing* (Vol. 11, Nomor 1).
- Fadeyibi, A., & Adebayo, K. R. (2021). Development of a dually operated biomass briquette press. *Songklanakarın Journal of Science and Technology, 43*(3), 737–743.
- Ifa, L., Yani, S., Nurjannah, N., Darnengsih, D., Rusnaenah, A., Mel, M., Mahfud, M., & Kusuma, H. S. (2020). Techno-economic analysis of bio-briquette from cashew nut shell waste. *Heliyon, 6*(9), e05009. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05009>
- Kabaş, Ö., Ünal, İ., Sözer, S., Selvi, K. C., & Ungureanu, N. (2022). Quality Assessment of Biofuel Briquettes Obtained from Greenhouse Waste Using a Mobile Prototype Briquetting Machine with PTO Drive. *Energies, 15*(22). <https://doi.org/10.3390/en15228371>
- Kathuria, R. S. (2012). Using Agricultural Residues as a Biomass Briquetting: An Alternative Source of Energy. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering, 1*(5), 11–15. <https://doi.org/10.9790/1676-0151115>
- Kongprasert, N., Wangphanich, P., & Jutilarptavorn, A. (2019). Charcoal briquettes from Madan wood waste as an alternative energy in Thailand. *Procedia Manufacturing, 30*, 128–135.
- Kowalski, A., Frankowski, P., & Tychoniuk, A. (2018). Design of briquetting press - From idea to start of production. *Engineering for Rural Development, 17*, 1568–1577.
- KWS. (2015). *Screw-Conveyor-Engineering-Guide.pdf*. <https://www.kwsmfg.com/wp-content/themes/va/pdf/Screw-Conveyor-Engineering-Guide.pdf>
- Mulyana, C., & Suryaningsih, S. (2019). Integrated model of utilization of organic waste into bio briquettes with community empowerment in West Java. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 550*(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/550/1/012007>
- Ningsih, A. (2019). Analisis kualitas briket arang tempurung kelapa dengan bahan perekat tepung kanji dan tepung sugu sebagai bahan bakar alternatif. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu), 7*(2), 101–110. <https://doi.org/10.32487/jtt.v7i2.708>
- Obi, O. F., Akubuo, C. O., & Okonkwo, W. I. (2013). Development of an Appropriate Briquetting Machine for Use in Rural Communities. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 2*(4), 578–582.
- Okwu, O. (2018). Development of a Light Weight Briquetting Machine for Small and Medium Scale Enterprise. *FUPRE Journal of Scientific and Industrial Research ..., 2*(1), 1–2.
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology), 5*(2), 88–92.
- Patandung, P. (2016). Sifat-Sifat Penyalaan Briket Dengan Menggunakan Serbuk Gergajian Kayu Dengan Coco Dust Sebagai Pemanik. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri, 8*(1), 73–82.
- Patil, G. (2019). The possibility study of briquetting agricultural wastes for alternative energy. *Indonesian Journal of Forestry Research, 6*(2), 133–139.

- Putra, A. N., Sabri, M., & Nur, T. Bin. (2021). Design and analysis of biomass pyrolysis briquette molding machine. *E3S Web of Conferences*, 306, 1–8.
- Rahul K, & Sreenivasan, E. (2019). Techno-Economic Study of a Biomass Briquetting Unit. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(11), 96–101.
- Rifdah, R., Herawati, N., & Dubron, F. (2018). Pembuatan Biobriket Dari Limbah Tongkol Jagung Pedagang Jagung Rebus Dan Rumah Tangga Sebagai Bahan Bakar Energi Terbarukan Dengan Proses Karbonisasi. *Jurnal Distilasi*, 2(2), 39.
- Romallosa, A. R. D. (2017). Quality Analyses of Biomass Briquettes Produced using a Jack-Driven Briquetting Machine. *International Journal of Applied Science and Technology*, 7(1), 8–16.
- Sudirman, S., & Santoso, H. (2021). Pengujian Kuat Tekan Briket Biomassa Berbahan Dasar Arang Dari Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 8(2), 101–108. <https://doi.org/10.36706/jptm.v8i2.15319>
- Sularso, K. S. (2002). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin* (10 ed.). PT. Pradnya Paramita.
- Wasekar, M. V, & Baxi, R. N. (2013). *Failure analysis of collar of Biomass Briquetting Machine: A Review*. 3(2), 437–439.