

Perancangan Mesin Cetak Biopellet Sekam Padi Dengan Menggunakan *Software Solidwork 2016*

Iwan Nugraha Gusniar^{1*}, Dicky Gumelar², Billy Nugraha³

^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

³Administrasi Perkantoran, Akademi Komunitas Presiden

^{1,2}Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Kecamatan Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang – 41361, Jawa Barat

³Jababeka Education Park, Jl. Ki Hajar Dewantara Kota Jababeka, Cikarang Utara, Kota Bekasi – 17550, Jawa Barat

E-mail: iwan.nugraha@ft.unsika.ac.id¹, dickygumelar1995@gmail.com², billynugraha982@gmail.com³

Info Naskah:

Naskah masuk: 2 November 2021

Direvisi: 9 Januari 2022

Diterima: 21 Januari 2022

Abstrak

Tingkat konsumsi Indonesia terhadap energi setiap tahunnya meningkat secara signifikan. Sedangkan cadangan terhadap energi setiap tahunnya menurun, maka diperlukan energi alternatif. Pengolahan limbah biomassa sekam padi telah digunakan untuk energi alternatif. Maka penelitian bertujuan mengoptimalkan limbah menjadi bahan bakar. Lokasi penelitian dilakukan di Desa Kelapa Dua, Kecamatan Pakis Jaya, Kabupaten Karawang. Untuk mendapatkan hasil rancangan perlu adanya rekayasa teknologi untuk merancang mesin produksi, maka dengan bantuan *software solidworks 2016*. Didapatkan hasil penelitian berupa perancangan alat: Diameter *screw press* ($D_s = 200$ mm), tinggi *screw* ($h_s = 65$ mm), diameter poros *screw* ($d_{ps} = 70$ mm), panjang pengangkatan *screw* ($L = 420$ mm), diameter nominal *screw* ($D_n = 177,8$ mm), lebar angkat *screw* ($F_d \text{ Max} = 14$ mm), jarak antar *screw* (*pitch*) ($P = 60$ mm), jumlah *screw* ($n = 7$ ulir), *helix angle* ($\beta = 8$), kebutuhan tenaga *screw press* ($P_e = 119,27$ watt), torsi ($T = 326,1$ N.m), beban angkat *screw* ($W_s = 141,5$ N) dan tekanan yang dikembangkan pada ulir *screw* ($P_S = 1,65$ N/mm²).

Keywords:

biopellet;
screw press;
rice husk.

Abstract

Indonesia's consumption of energy increases significantly each year. While the reserves of energy are declining every year, alternative energy is needed. The waste treatment of rice husk biomass has been used for alternative energy, so the research aims to optimize the waste into fuel. The research site was conducted in Kelapa Dua Village, Jaya Subdistrict, Karawang Regency. To get the results of the design, there needs to be technological engineering to design production machines with the help of *solidworks 2016* software. The research resulted in the form of compounding tools, as follow: Screw press diameter ($D_s = 200$ mm), screw height ($h_s = 65$ mm), screw shaft diameter ($d_{ps} = 70$ mm), screw lift length ($L = 420$ mm), nominal screw diameter ($D_n = 177.8$ mm), screw lift width ($F_d \text{ Max} = 14$ mm), screw spacing (*pitch*) ($P = 60$ mm), screw number ($n = 7$ threads), *helix angle* ($\beta = 8$), screw press power requirement ($P_e = 119.27$ watts), torque ($T = 326.1$ N.m), screw lift load ($W_s = 141.5$ N) and pressure developed on screw thread ($P_S = 1.65$ N/mm²).

*Penulis korespondensi:

Iwan Nugraha Gusniar

E-mail: iwan.nugraha@ft.unsika.ac.id

1. Pendahuluan

Dalam mendukung kegiatan aktivitas masyarakat, gas dan minyak menjadi bahan bakar utama yang digunakan [1]. Pada dasarnya, masyarakat yang tinggal di perkotaan/pedesaan masih menjadikan gas dan minyak untuk aktivitas sehari-hari [2]. Terjadinya peningkatan terhadap harga gas dan minyak dunia. Maka hal ini akan berdampak pada kenaikan harga energi/bahan bakar, gas dan minyak termasuk dalam salah satunya [3]. Disamping memiliki harga yang tidak murah, namun sulit juga untuk didapatkan, khususnya di pedesaan [4]. Pernyataan tersebut bersamaan dengan hasil penelitian [5]. Oleh sebab itu, perlu adanya upaya untuk mencari bahan bakar alternatif yang lebih murah dan tersedia dengan mudah [6]. Sumber energi alternatif yang banyak diteliti dan dikembangkan saat ini adalah energi biomassa yang ketersediaannya melimpah, mudah diperoleh dan dapat diperbaharui secara cepat [7].

Sumber daya energi terbarukan dan tumbuh sebagai tumbuhan/tanaman adalah biomassa [8]. Baru-baru ini, bahan bakar alternatif yang memiliki harga terjangkau yaitu biomassa, selain itu juga merupakan hasil ekstraksi produk primer (*el bassam* dan *maegaard*) [9]. Indonesia sebagai bagian negara yang memiliki peluang biomassa yang berasal dari limbah perkebunan, contohnya: kelapa sawit (produk sampingan), penghancuran padi, *plywood*, gula/tebu, kakao dan limbah pertanian [10], didukung oleh hasil penelitian [11] dan lainnya [12]. Sekam padi yang saat ini telah ditemukan dapat menjadi sumber energi biomassa alternatif [13]. Sejak dahulu masyarakat juga telah menggunakannya secara langsung, namun belum terhadap pengembangan yang dilakukan saat ini [14]. Disamping memiliki banyak kelebihan yang dapat dijadikan peluang sebagai energi masa depan, namun memiliki kekurangan, contohnya cara menangani, memperlakukan dan mempergunakannya [15], didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan [16] begitu juga dengan [17]. Maka guna menghasilkan kualitas yang tinggi, sekarang ini dapat dikembangkan menyerupai pellet atau biasa yang diketahui sebagai biopellet [18].

Biopellet memiliki nilai dan tingkat kesamaan yang lebih baik jika biobriket dijadikan pembandingnya [19]. Namun kelebihan dari biopellet dapat menghasilkan proses bakar yang dapat meningkatkan nilai kalori lebih tinggi [20]. Lebih dari itu, kesamaan dalam ukuran serta bentuk biopellet inilah untuk menjadi mudah dalam proses pindah. Proses pindah yang dilakukan adalah dari tempat awal ke tempat akhir. Bagian hal yang menjadi batasan dapat meningkatkan nilai kalori lebih tinggi. Nilai kalori ini meningkatkan melalui proses bakar (densifikasi) yang dilakukan. Tahap/proses kombinasi antara residu yang dapat menghasilkan nilai kalori menjadi tinggi dari bahan awalnya disebut densifikasi [21], didukung dengan hasil penelitian [22]. Dari hal ini proses tersebut memiliki beberapa kelebihan, contohnya: jumlah nilai kalor dapat ditingkatkan, proses pindah yang mempermudah penerapannya, peletakan yang tidak terlalu sulit dan memiliki kesamaan dari sisi kualitas serta bentuk [23]. Maka tidak dapat dipungkiri untuk dijadikan energi alternatif saat ini adalah sekam padi yang dapat diolah

menjadi biopellet. Lebih dari itu hal ini sebagai rekomendasi terhadap isu masalah bahan bakar serta keberlangsung ekosistem akibat bahan bakar sebelumnya [18]. Salah satunya limbah sekam padi kurang dimanfaatkan dengan baik di Desa Kelapa Dua, Kecamatan Pakis Jaya, Kabupaten Karawang. Sehingga urgensi dari penelitian ini adalah masyarakat sebagai konsumsi energi diperlukan perancangan alat sederhana untuk memanfaatkan limbah tersebut. Salah satunya dengan bantuan software solidworks 2016, didapatkan hasil perancangan awal pada penelitian ini. Penggunaan software tersebut bertujuan guna sumber daya manusia dapat dengan mudah beradaptasi dengan perkembangan digitalisasi ilmu sekarang ini [24].

Objek yang menjadi kebutuhan masyarakat desa tersebut adalah perlunya perancangan alat sederhana yang mampu memanfaatkan limbah sekam padi. Melalui hal ini akan berdampak pada berlangsungnya kemandirian masyarakat terhadap bahan bakar untuk aktivitas keseharian yang dilakukan lebih optimal. Sehingga melalui penelitian ini untuk melakukan perancangan alat sederhana. Kemudian dari hal ini dikatakan sebagai celah/gap research yang ditentukan. Mengingat belum terdapatnya penelitian terdahulu yang dilakukan dengan bantuan software solidworks 2016. Beberapa diantara penelitian terdahulu menggunakan bantuan software autoCAD 2014. Dari hasil analisis yang dilakukan masing-masing software memiliki kelemahan dan kelebihannya. Alasan penggunaan software solidwork dikarenakan hasil perancangan alat yang lebih tajam dan penggunaannya lebih mudah. Oleh sebab itu penelitian ini dapat menyesuaikan dengan permasalahan yang sedang terjadi. Selain itu kebaharuan dalam penelitian ini berupa perancangan dari software dengan versi terbaru, yaitu solidwork 2016. Dari hal ini yang menjadikan pembaharuan penelitian, dikarenakan dari penelitian terdahulu masih menggunakan versi 2016 ke bawah dengan software lain. Lebih dari itu di tempat penelitian yang dilakukan belum adanya pembahasan mengenai perancangan alat terhadap permasalahan yang menjadi kebutuhan masyarakat tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu tujuan dari penelitian ini adalah merekayasa teknologi alat/mesin produksi yang mampu mengolah limbah sekam padi menjadi energi sampingan yang dapat dioptimalkan bagi sebagai kelompok/publik secara mandiri. Dari hal ini akan mengoptimalkan sumber daya sederhana di lingkungan sekitar menjadi bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari dan memberikan edukasi kepada masyarakat terhadap pentingnya pemanfaatan limbah sekam padi.

2. Metode

2.1 Penelitian & Pengembangan (R&D)

Metode yang dilakukan dengan menggunakan metode penelitian dan pengembangan (R&D) [25]. Teknik R&D merupakan teknik yang diterapkan guna memperoleh hasil yang ditentukan. Selain itu guna melakukan pengujian dari hasil yang didapatkan nantinya. Berikut tahapan dalam penggunaan metode R&D sebagai berikut [26]:

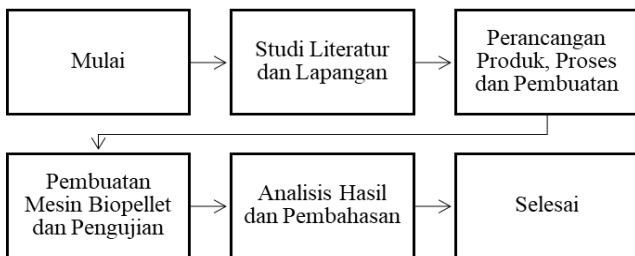
1) Peluang & Permasalahan merupakan suatu hal untuk didayagunakan yang mempunyai penambahan nilai.

Salah satunya tempat pengolahan pengupas padi/beras di Desa Kelapa Dua, Kecamatan Pakis Jaya, Kabupaten Karawang. Dari hasil penelitian diketahui terdapat limbah sekam padi, hal ini yang dapat menjadi peluang untuk mengembangkan energi alternatif.

- 2) Pengumpulan Pesan dapat diperoleh sebagai pesan guna perancangan alat/mesin biopellet yang ditentukan.
- 3) Perancangan Hasil dilakukan perancangan ulang mesin yang sudah ada sebelumnya. Namun hasilnya menjadi memodifikasi/menciptakan mesin baru yang lebih baik.
- 4) Pengoptimalan Perancangan merupakan bagian tahapan guna memberikan penilaian hasil perancangan mesin.
- 5) Revisi Perancangan hal ini untuk mengetahui kelemahan dari mesin yang sudah dirancang.
- 6) Pengujian Mesin dilakukan guna mendapatkan pesan bahwa mesin cetak biopellet tersebut beroperasi sesuai rancangan.

2.2 Diagram Alur Penelitian

Dalam kegiatan penelitian yang telah dilakukan ini terdapat beberapa tahapan kegiatan yang harus dilakukan yaitu studi literatur (pengumpulan materi untuk mendukung jalannya aktivitas perancangan mesin cetak biopellet, seperti: sumber dari buku, jurnal, artikel ilmiah dan e-book). Selanjutnya studi lapangan, yaitu: (1) Analisis Karakteristik Sekam Padi, (2) Desain Alat/Gambar, (3) Desain *Screw*, (4) *Material*, (5) Transmisi dan (6) Motor. Sebagai tahap akhir adalah pembuatan dan perakitan dari semua elemen komponen mesin cetak biopellet dan dilakukan pengujian. Berikut diagram alur tahapan kegiatan yang dilakukan, seperti Gambar 1.

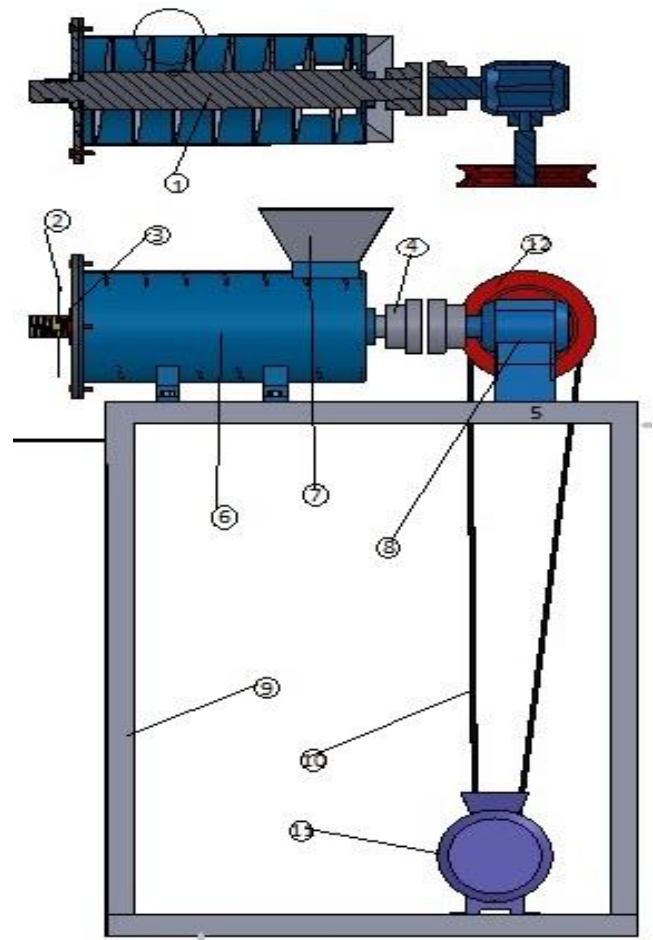


Gambar 1. Bagan Aliran Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Mesin Biopellet Sekam Padi

Mesin Press biopellet limbah sekam padi merupakan bahan utama untuk perancangan ini, adapun spesifikasi teknisnya seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian-Bagian Mesin Pembuat Biopellet

Berikut beberapa nama komponen dari Gambar 2. mengenai bagian-bagian mesin pembuat biopellet sebagai berikut:

1. *Screw Extruder*, berfungsi untuk mekanisme pemampat *material*.
2. *Pisau Extruder*, berfungsi untuk pemotong ukuran produk.
3. *Die*, berfungsi untuk cetakan produk pellet.
4. *Copling*, berfungsi untuk mentransmisikan daya.
5. *Barrel*, berfungsi untuk tempat proses ekstrusi.
6. *Hoper*, berfungsi untuk tempat memasukkan material.
7. *Gearbox*, berfungsi untuk pemindah daya dari motor ke unit lain.
8. *V-Belt*, berfungsi untuk pemindah daya.
9. *Buffer Machine*, berfungsi untuk penyangga mesin pellet.
10. *Fingers*, berfungsi sebagai pemutar V-Belt.
11. *Fingers Cover*, berfungsi sebagai pelindung *Fingers* dan melumasi dengan oli.
12. *Wheel Spinner*, berfungsi sebagai pemberi daya kecepatan ketika *Fingers* berputar.

3.2 Standar Profil dan Dimensi Pellet Sekam Padi

Untuk menentukan dimensi biopellet sesuai ukuran standar, maka di bawah ini ada Tabel 1. ini adalah standar ukuran biopellet dari beberapa negara.

Tabel 1. Standar Biopellet Dunia

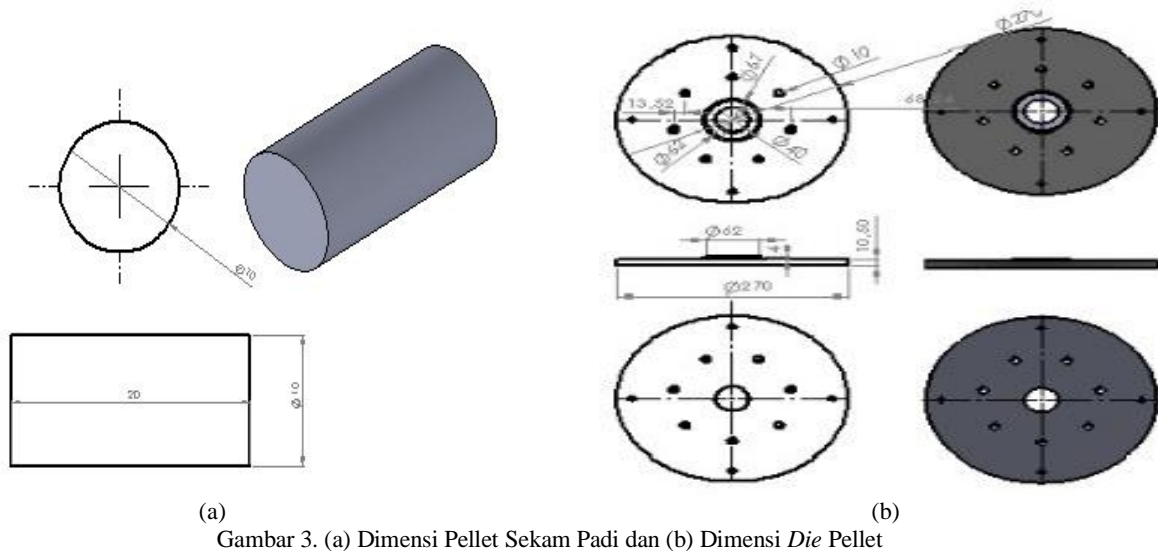
Parameter	Unit	Austria ^(a)	Jerman ^(a)	Amerika ^(b)	Prancis ^(c)
Diameter	Mm	4-10	4-10	6,35-7,94	6-16
Panjang	Mm	5 x D	<50	<3,81	10-50
Densitas	kg/dm ³	>1,2	1,0-1,4	>0,64	>1,15
Kadar Air	%	<10	<12	-	<15
Kadar Abu	%	<0,50	<1,50	<2	<6
				(standar) <1	
				(premium)	
Nilai Kalor	MJ/kg	>18	17,5-19,5	>19,08	>16,9
Sulfur	%	<0,04	<0,08	-	<0,10
Nitrogen	%	<0,3	<0,3	-	<0,5
Klorin	%	<0,02	<0,03	<0,03	<0,07
Abrasi	%	<2,3	-	-	-
Bahan	%	<2	-	-	<2
Tambahan					

Sumber: ^(a)Hahn (2004), ^(b)PFI (2007), ^(c)Douard (2017)

3.3 Dimensi Pellet Sekam Padi

Ukuran yang di pilih dalam pembuatan biopellet ini adalah ukuran standar dari negara Jerman karena

mempunyai densitas yang cukup padat yaitu 1000-1400 kg/m³. Visualisasi bentuk dimensi sekam padi Gambar 3.



Gambar 3. (a) Dimensi Pellet Sekam Padi dan (b) Dimensi Die Pellet

3.4 Perancangan Screw yang di Rencanakan

Berikut hasil dari perhitungan yang telah dilakukan untuk perancangan *screw* yang telah rencanakan:

1. Diameter *screw* (Ds) = 200 mm = 0,2 m
2. Tinggi *screw* (h) = 65 mm = 0,065 m
3. Diameter poros *screw* (dp) = 70 mm = 0,07 m
4. Panjang *screw* (L) = 420 mm = 0,42 m
5. Jarak *pitch screw* = 60 mm = 0,06 m
 Celah antar barrel = 0,05 mm = 0,0005 m

3.5 Hasil Analisa berupa Perancangan Awal

Perancangan ini menerapkan prinsip-prinsip perhitungan teknik yang kemudian dituangkan pada desain teknik agar mendapatkan hasil perancangan. Dalam hasil rancangan menggunakan bantuan Software Solidwork 2016. Pada penelitian ini hanya sebatas tahapan awal yang dilakukan pada teknik R&D: (1) Peluang dan Permasalahan, (2) Pengumpulan Pesan dan (3) Perancangan Hasil. Sedangkan tahapan akhir lainnya, yaitu (1)

Pengoptimalan Perancangan, (2) Revisi Perancangan dan (3) Pengujian Mesin akan melalui pengembangan kembali. Hal ini dilakukan untuk memberikan perancangan tahap awal, yang nantinya akan dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan desain produk yang optimal. Setelah tahapan awal perancangan dilakukan, maka akan berlangsung pada proses pembuatan dan perakitan sebagai tahapan akhir. Sebagai bahan gambaran beberapa komponen standar yang dibutuhkan seperti: motor, *pully*, mur, material rangka, *screw extruder*, baut dan perlengkapan listrik. Sedangkan suku cadang lainnya akan dilakukan dengan menggunakan jasa permesinan.

3.6 Pengujian Mesin Biopellet Sekam Padi

Pengujian ini masuk pada tahapan akhir, namun tidak menjadi fokus saat ini. Beberapa hal diakibatkan guna fokus terhadap tahapan awal terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil desain yang optimal sesuai kebutuhan. Namun sebagai bahan gambaran untuk penelitian

selanjutnya dilakukan untuk mendapatkan hasil produk dan mekanisme mesin seperti: kapasitas, putaran mesin, ukuran produk. Sehingga mesin bekerja pada semestinya, berikut langkah-langkah pengujian:

- 1) Menentukan perbandingan limbah sekam padi dengan bahan baku lainnya seperti: arang dan tepung kanji.
- 2) Mengaduk limbah sekam padi dengan bahan lainya agar tercampur dengan baik.
- 3) Menyalakan mesin.
- 4) Memasukkan bahan ke hopper yang menuju ekstruder.
- 5) Mencatat hasil pengeluaran produk pada ekstruder.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan ini dapat di ambil kesimpulan sementara. Didaptkan hasil perancangan alat dengan bantuan software solidwork 2016 sebagai berikut: Diameter screw press ($D_s = 200$ mm), tinggi screw ($h_s = 65$ mm), diameter poros screw ($d_{ps} = 70$ mm), panjang pengangkatan screw ($L = 420$ mm), diameter nominal screw ($D_n = 177,8$ mm), lebar angkat screw ($F_d \text{ Max} = 14$ mm), jarak antar screw (pitch) ($P = 60$ mm), jumlah screw ($n = 7$ ulir), helix angle ($\beta = 8$), kebutuhan tenaga screw press ($P_e = 119,27$ watt), torsi ($T = 326,1$ N.m), beban angkat screw ($W_s = 141,5$ N) dan tekanan yang dikembangkan pada ulir screw ($PS = 1,65$ N/mm²).

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan ini masih perlu dilakukan analisis dan pengembangan kembali. Hal ini dikarenakan masih banyak hal dari rancang bangun mesin screw press biomassa untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Bertujuan agar mendapatkan ukuran yang ideal pada sebuah sistem mesin screw press biomassa yang dapat diimplementasikan kepada masyarakat pemilik industri kecil dan menengah.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih tersampaikan kepada Civitas Universitas Singaperbangsa Karawang dan Masyarakat Desa Kelapa Dua, Kecamatan Pakis Jaya, Kabupaten Karawang terhadap keberlangsungan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. F. Sa'adah, A. Fauzi and B. Juanda, "Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik," *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, vol. XVII, no. 2, pp. 118-137, 2017.
- [2] T. M. Liesawan and J. C. Novita, "Pemberdayaan Kawan Rumah Tangga Pangan Lestari (KRPL) RW 04, Kelurahan Jemur Wonosari, Kota Surabaya," *DIMAS : Jurnal Pemikiran Agama dan Pemberdayaan*, vol. XXI, no. 1, pp. 43-54, 2021.
- [3] Zainulsjah, A. C. Arya and Senoadi, "Perbandingan Kinerja Mobil Menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM) dan Bahan Bakar Gas (BBG)," *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*, vol. I, no. 1, pp. 1-8, 2016.
- [4] R. Silalahi, P. Panggabean and S. Siregar, "Analisis Pengaruh Perubahan Harga Bahan Bakar Minyak Premium dan Solar di Kota Medan," *Jurnal Ilmiah Methonomi*, vol. IV, no. 1, pp. 20-30, 2018.
- [5] Darmadi, "Pengaruh Hubungan Pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM) terhadap Maintenance pada Head Truck di PT Kuda Inti Samudera," *Matrik : Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*, vol. XIX, no. 1, pp. 77-88, 2018.
- [6] B. Agustomo, M. Lamid, A. Ma'ruf and M. T. E. Purnama, "Identifikasi Limbaah Pertanian dan Perkebunan sebagai Bahan Pakan Inkonvensional di Banyuwangi," *Jurnal Medik Veteriner*, vol. I, no. 1, pp. 12-22, 2017.
- [7] T. R. Wulansari, W. I. Rahayu and N. Riza, "Aplikasi Pemesanan Bahan Bakar Minyak Melalui Media Whatsapp Menggunakan Algoritma Whatsapp Gateway (Studi Kasus: PT. Pertamina Patra Niaga)," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. XI, no. 2, pp. 1-6, 2019.
- [8] F. Rahmiati, G. Amin and E. German, "Pelatihan Pemanfaatan Limbah Padi Menjadi Arang Sekam untuk Menambah Pendapatan Petani," *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. V, no. 2, pp. 159-164, 2019.
- [9] P. Papilo, Kunaifi, E. Hambali, Nurmaini and R. F. Pari, "Penilaian Potensi Biomassa sebagai Alternatif Energi Kelistrikan," *Jurnal PASTI*, vol. IX, no. 2, pp. 164-176, 2020.
- [10] BPPT, Outlook Energy Indonesia, 1st ed., Jakarta: BPPT, 2014.
- [11] P. McKendry, "Energy Production from Biomass (Part 1) : Overview of Biomass," *Journal of Bioresource Technology*, vol. LXXXIII, no. 1, pp. 37-46, 2002.
- [12] I. Pujotomo, "Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi untuk Pengembangan Listrik Melalui Teknologi Gasifikasi," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. IX, no. 2, pp. 126-135, 2017.
- [13] U. F. Al-afifi, E. Piter and E. Syam, "Perhitungan Potensi Energi Listrik pada Sekam Padi Melalui Metode Gasifikasi," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. IV, no. 2, pp. 48-56, 2020.
- [14] L. Parinduri and T. Parinduri, "Konversi Biomassa sebagai Sumber Energi Terbarukan," *Journal of Electrical Technology*, vol. V, no. 2, pp. 88-92, 2020.
- [15] D. Thran, "Global Biomass Potentials - Resources, Drivers and Scenario Results," *Journal of Energy Sustainable Development*, vol. XIV, no. 1, pp. 200-205, 2002.
- [16] A. Welfe, P. Gilbert and L. Pingkuo, "Increasing Biomass Resource Availability through Supply Chain Analysis," *Journal of Biomass and Bioenergy*, vol. LXX, no. 1, pp. 249-266, 2014.
- [17] Z. Xingang, T. Zhongfu and L. Pingkuo, "Development Goal of 30 GW for China's Biomass Power Generation: Will it be Achieved?," *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. XXV, no. 1, pp. 310-317, 2013.
- [18] Biomass Energy Europe, Harmonization of Biomass Resource Assessments, Volume 1 : Best Practices and Methods Handbook, 1st ed., Freiburg-Germany: BEE, 2010.
- [19] A. S. Nugroho and Thoharudin, "Reduction of CO and HC Emission on ZSM -5 Catalist Supported on Activated Catalyst Supported on Activated Carbonin Motor Cycle Fueled Gasoline - ethanol Blends," *Journal Engineering and Applied Science*, vol. I, no. 11, pp. 1196-1200, 2018.
- [20] S. Mustamu, Hermawan and G. Pari, "Karakteristik Biopellet dari Limbah Padat Kayu Putih dan Gondorukem," *Jurnal*

Penelitian Hasil Hutan, vol. 36, no. 3, pp. 191-204, 2018.

- [21] Zulfian, F. Diba, D. Setyawati, Nurhaida and E. Roslinda, "Kualitas Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit pada berbagai Ukuran Serbuk dan Jenis Perekat," *Jurnal Hutan Lestari*, vol. III, no. 2, pp. 208-216, 2015.
- [22] Aripin, Marliani, L. Lina, Y. Sukmawati and Zainudin, "Analisis Kualitas Briket Arang Tongkol Jagung yang Menggunakan Bahan Perekat Sagu dan Kanji," *Jurnal Aplikasi Fisika*, vol. VI, no. 1, pp. 93-94, 2010.
- [23] M. H. Hakim, "Pengaruh Komposisi Bahan dan Tekanan Pengepresan pada Pembuatan Biopellet terhadap Nilai Kalor Hasil Pembakaran," *BRILIANT : Jurnal Riset dan*
- [24] B. Nugraha, *Pengembangan Sumber Daya Manusia: Deskripsi Teoretis tentang Kinerja Pegawai, Penilaian Kinerja Pegawai dan Pemeliharaan SDM*, Banyumas: CV. Pena Persada, 2021.
- [25] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, 2nd ed., Bandung: Alfabeta, 2010.
- [26] B. Nugraha, *Pengembangan Uji Statistik: Implementasi Metode Regresi Linier Berganda dengan Pertimbangan Uji Asumsi Klasik*, Sukoharjo: CV. Pradina Pustaka, 2021.