

SOSIALISASI PEMANFAATAN HASIL HUTAN BUKAN KAYU (HHBK) SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

SOCIALIZATION OF THE USE OF NON-TIMBER FOREST PRODUCTS (NTFPs) AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE

Herman Siruru^{1*}, Lieke Tan², Jimmy Titarsole³, Leonard Dantje Liliefna⁴, Rohny Setiawan Maail⁵,
Jimmy Johanson Franz⁶, Lydia Riekie Parera⁷, Sofia Mustamu⁸, Irwanto Irwanto⁹, Billy Gilbert
Anthonius¹⁰, Sintia Cornelia Br Gurusinga¹¹, Setiani br Ginting¹²

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Pattimura, Ambon

Jalan. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka – Ambon, 97233

Email Korespondensi: sirherman78@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan energi dunia maupun Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Jenis energi yang paling umum digunakan didominasi oleh sumber energi fosil. Sumber energi fosil tidak ramah lingkungan dan diprediksi akan segera habis sehingga diperlukan sumber energi alternatif seperti sumber energi biomassa atau yang lebih dikenal dengan bioenergi. Tujuan kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Desa Waai, Kabupaten Maluku Tengah adalah meningkatkan pengetahuan masyarakat guna memanfaatkan potensi biomassa sebagai sumber energi alternatif. Pengelolaan agroforestri desa Waai berpotensi menghasilkan banyak jenis limbah sebagai bagian hasil hutan bukan kayu (HHBK) seperti limbah kulit sagu (*Metroxylon sp.*). Hal ini didasarkan pada pemanfaatan tepung sagu sebagai pangan lokal masyarakat desa Waai. Pelaksanaan berlangsung dari bulan Juli -Agustus 2023, dengan tahap kegiatan meliputi: pendekatan sosial kepada pemerintah desa dan pengurus AM GPM selanjutnya pada Jumat 11 Agustus 2023 dilakukan kegiatan tatap muka bersama masyarakat. Kegiatan PKM dilakukan dalam dua sesi yaitu: penyampaian materi dan praktek pembuatan briket arang mulai dari karbonisasi kulit batang sagu, pembuatan briket arang dan pembakaran briket arang kulit batang sagu. Masyarakat dilibatkan dalam praktek pembuatan untuk meningkatkan kepercayaan diri dan pemahaman tentang pembuatan briket sehingga pelatihan ini dapat ditindaklanjuti.

Kata kunci: bioenergi, karbonisasi, tapioka, perekat, biomassa.

ABSTRACT

*The energy needs of the world including Indonesia continue to increase every year. The most commonly used type of energy sources was dominated by fossil. Fossil energy sources were not environmentally friendly and were predicted to run out in a short period of time. Therefore, the alternative energy sources are needed, such as biomass or better known as bioenergy. The purpose of community service activities in Waai Village, Central Maluku Regency was to increase the community's knowledge in utilizing biomass as an alternative energy source. The management of agroforestry in Waai village potentially produces many types of non-timber forest products (NTFPs) such as sago (*Metroxylon sp.*) which has husk as its waste after sago flour had been harvested for food. The implementation of the activity was held from July to August 2023, with activity phases including: social approach to the village government and AM GPM management and continued with visiting the community on Friday 11 August 2023. PKM activities were carried out in two sessions, first, delivery of material and practice of making charcoal briquettes starting from carbonization of sago bark, forming of charcoal briquettes and second, burning of the charcoal briquettes. The community was involved in the practice of making sago bark charcoal briquettes in order to raise their appreciations and increase their understanding of producing charcoal briquettes from sago bark.*

Keywords: bioenergy, carbonization, tapioca, adhesives

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia maupun Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Jenis energi yang paling umum digunakan, didominasi oleh sumber energi fosil (Yudiarsono *et al.* 2018). Tingginya penggunaan sumber energi fosil akan mempercepat habisnya cadangan energi fosil dunia. Menurut Crookes (2006) cadangan minyak bumi akan habis pada tahun 2043 sedangkan menurut Evans (2000)

cadangan batu bara akan habis pada tahun 2200. Kondisi ini merupakan hal yang tidak bisa dianggap sepele karena bila sumber minyak bumi habis maka aktivitas apapun secara global akan terganggu dan berdampak pada timbulnya persoalan-persoalan sosial-ekonomi lainnya. Upaya-upaya untuk menggantikan energi fosil perlu dilakukan sehingga dapat memperlambat habisnya sumber energi fosil dan mempersiapkan komunitas global untuk beralih dari sumber energi fosil ke sumber energi baru dan terbarukan.

Energi baru merupakan energi yang dapat berasal dari berbagai sumber energi, baik dari sumber energi terbarukan maupun dari sumber energi tidak terbarukan namun untuk pemanfaatan energi tersebut digunakan teknologi baru. Artinya, energi baru dihasilkan melalui teknologi baru dan belum banyak dikonsumsi secara publik. Selain itu pengelolaannya juga masih dalam tahap pengembangan dan masih diperlukan tahap pengujian kelayakan untuk digunakan secara massal. Berbeda dengan energi baru, energi terbarukan merujuk kepada ketersediaan sumber energi itu sendiri yaitu sumber energi yang dapat diperbaharui. Biomassa merupakan salah satu jenis sumber energi terbarukan atau dapat diperbaharui namun sumber energi berbeda dari sumber energi terbarukan lainnya seperti matahari, angin, air, gelombang laut dan lainnya karena dapat berbentuk padat, cair atau gas (Scragg, 2009). Selain itu keberlanjutan energi biomassa bersifat tidak mutlak, artinya bahwa sumber energi biomassa akan berkelanjutan jika ada campur tangan manusia untuk mengupayakannya seperti dengan cara budidaya. Selain dari sumber energi biomassa dapat dihasilkan dari biomassa budidaya (kebun energi) biomassa juga dapat diperoleh dari limbah, baik limbah pertanian maupun limbah pengolahan hasil hutan.

Hasil utama pengelolaan hutan adalah kayu dan sisanya adalah limbah berupa daun, ranting, dahan, kulit dan akar atau dikategori sebagai hasil hutan bukan kayu (HHBK). Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 dan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 35 Tahun 2007 mengartikan HHBK sebagai berikut: 1) Hasil hutan bukan kayu terdiri dari benda-benda hayati yang berasal dari flora dan fauna. Selain itu termasuk juga jasa air, udara, dan manfaat tidak langsung dari hutan (UU No. 41 Tahun 1999). 2) (HHBK) adalah hasil hutan hayati baik nabati maupun hewani beserta produk turunannya dan budidaya kecuali kayu yang berasal dari hutan (Permenhut No. 35 Tahun 2007).

Sagu adalah jenis tanaman monokotil yang dibudidaya maupun tumbuh alami di hutan dan dikategori sebagai (HHBK). Umumnya masyarakat memanfaatkan tanaman sagu sebagai sumber pakan dengan cara mengolah bagian batang sagu untuk menghasilkan pati sagu. Produk lain dari hasil pengolahan batang sagu adalah limbah padat seperti ampas sagu dan kulit batang sagu. Limbah padat sagu mengandung bahan berlignoselulosa yang berpotensi sebagai sumber energi. Energi limbah padat sagu dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai kayu bakar maupun dimanfaatkan secara tidak langsung melalui produk arang terutama bagian kulit batang sagu.

Beberapa daerah di Indonesia memanfaatkan pati sagu sebagai pakan lokal untuk memenuhi kebutuhan pakan sehari-hari mereka seperti di desa Waai Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku. Desa Waai terletak di Pulau Ambon, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah. Luas

Desa Waai wilayah 1.095 Ha dan berjarak ± 30 km dari pusat kota Ambon (Paliama, 2012). Aktivitas pengolahan sagu yang biasanya dilakukan oleh petani sagu, dikenal dengan istilah “pukul sagu”. (Ruhukail. 2023). Aktivitas pukul sagu menghasilkan sebagian tepung sagu sekitar 25-30% dan 70-75% adalah limbah dari batang sagu (Rahmadani dan Kaimudin. 2019). Limbah padat sagu mengandung lignin berkisar antara 11-44% dan selulosa berkisar antara 6,1 – 29, 4% (Utami 2018; Siruru et al 2019). Karbonisasi limbah padat sagu menggunakan retort listrik pada suhu 250 – 400 °C menghasilkan arang dengan nilai kalor sebesar 6128-6789 Kcal/Kg (Siruru et al, 2022).

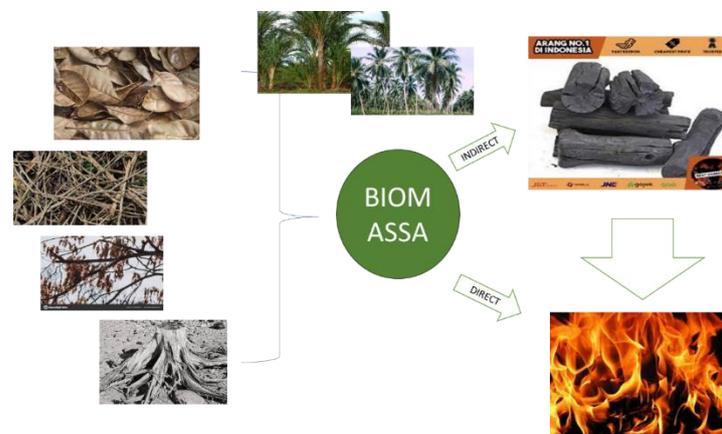
Dengan demikian maka tujuan kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Desa Waai, Kabupaten Maluku Tengah adalah meningkatkan pengetahuan masyarakat sehingga dapat memanfaatkan potensi biomassa sebagai sumber energi alternatif. Kegiatan PKM dilakukan dengan penyampaian materi dan praktek pembuatan briket arang limbah batang sagu.

METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Pelaksanaan PKM berlangsung dari bulan Juli -Agustus 2023, dengan tahap kegiatan meliputi: pendekatan sosial kepada pemerintah desa dan pengurus AM GPM selanjutnya pada Jumat 11 Agustus 2023 dilakukan kegiatan tatap muka bersama masyarakat. Kegiatan PKM dilakukan dalam dua sesi yaitu: penyampaian materi dan praktek pembuatan briket arang mulai dari karbonisasi kulit batang sagu, pembuatan briket arang dan pembakaran briket arang kulit batang sagu.

Penyampaian Materi

Materi disampaikan sesuai dengan judul kegiatan PKM, dalam bentuk *power point* sebanyak 10 slide, menggunakan perangkat proyektor. Penyampaian materi dilakukan selama 5 menit dengan alat bantu pengeras suara. Peserta kegiatan diberi kesempatan mengajukan pertanyaan dalam proses penyampaian materi jika ada materi yang belum dipahami. Secara garis besar materi yang disampaikan terdiri dari pengertian HHBK, jenis-jenis HHBK (Gambar 1), metode pembuatan briket arang (Gambar 2), kualitas briket arang (Tabel 1) dan pemanfaatan briket arang.



Gambar 1. Jenis-Jenis Biomassa



Gambar 2. Tahapan Pembuatan Briket Arang

Pembuatan Arang Limbah Kulit Sagu

- Pembuatan arang menggunakan bahan kulit batang sagu kering udara dan tepung sagu (sebagai perekat) serta menggunakan peralatan sebagai berikut:
- Kaleng bekas cat (ukuran 25 Kg) untuk pembakaran/karbonisasi limbah kulit batang sagu.
- Kompor gas untuk memanaskan air sebagai campuran perekat
- Wadah plastik untuk pencampuran perekat dan serbuk arang
- Timbangan untuk menimbang bahan
- Pipa plastik 2 inch sepanjang 20 cm sebagai alat pencetak briket arang.

Tahapan Pembuatan Arang Limbah Kulit Sagu

1. Kulit batang sagu dikarbonisasi menggunakan kaleng bekas cat
2. Air dididihkan menggunakan kompor gas (sebagai campuran perekat)
3. Pembuatan perekat tepung sagu. (Tepung sagu sebanyak 5% dari berat serbuk arang).
4. Pembuatan adonan perekat dengan serbuk arang kulit sagu yang telah dipersiapkan sebelumnya (serbuk arang berukuran > 100 mesh dan < 40 mesh atau > 0,49 mm dan < 0,4 mm).
5. Adonan serbuk arang dicetak dalam pipa 2 inch dengan cara memasukan adonan serbuk arang sebanyak ½ dari panjang pipa dan ditekan dengan cara menggunakan kayu yang ukurannya sama dengan ukuran lubang pipa dan diketok menggunakan palu/benda keras lainnya.
6. Briket arang yang dihasilkan selanjutnya dikeringkan.
7. Briket arang kering udara (yang telah disiapkan sebelumnya) dibakar.

Tabel 1. Kualitas Briket Arang

Sifat Briket Arang	Standar Pengujian Briket Arang			
	SNI 01-6235-2000	Amerika Serikat	Inggris	Jepang
Kadar air (%)	8	6,2	3-4	6-8
Kadar abu (%)	8	8,3	5,9	3-6
Kadar karbon terikat (%)	78,35	60	75,3	60-80
Kerapatan (g/cm ³)	0,447	1	0,46	1,0-1,2
Nilai kalor (kal/g)	5000	6230	7289	6000-7000
Zat menguap (%)	15	19-28	16,4	15-30

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat di Desa Waai dengan judul Sosialisasi Pemanfaatan HHBK. Sebagai Sumber Energi Alternatif di ikuti oleh masyarakat yang didominasi oleh para pemuda/pemudi. Masyarakat Desa Waai sangat antusias dalam mengikuti kegiatan PKM ini. Hal ini dilihat dari keterlibatan masyarakat yang membantu dalam praktek pembuatan briket arang kulit sagu (Gambar 5). Kegiatan PKM dilakukan dalam 2 (dua) sesi yaitu: penyampaian materi (Gambar 3) dan praktek pembuatan briket arang mulai dari karbonisasi kulit batang sagu (Gambar 4), pembuatan briket arang dan pembakaran briket arang kulit batang sagu (Gambar 5 dan Gambar 6).

1. Penyampaian Materi

Penyampaian materi dilakukan dengan tujuan untuk memberi pemahaman kepada masyarakat terkait dengan terminologi hasil hutan bukan kayu, arang, maupun briket arang. Selain itu juga lewat penyampaian materi ini dijelaskan juga jenis dan HHBK sehingga dapat dijadikan sebagai bahan baku briket arang. Hal ini dilakukan karena masyarakat peserta kegiatan PKM memiliki latar belakang pengetahuan yang berbeda-beda. Penjelasan terkait cara karbonisasi dan proses pencetakan bertujuan untuk memberi pemahaman bahwa pembuatan briket arang dapat dilakukan dengan berbagai cara sesuai dengan kondisi masyarakat dan lingkungan, berbiaya rendah dan memiliki nilai keekonomian. Nilai keekonomian yang dimaksud adalah bahwa dengan pembuatan briket arang yang dikonsumsi sendiri dapat mengurangi beban biaya penggunaan bahan bakar minyak setiap hari per keluarga. Potensi briket arang untuk dijadikannya sebagai objek usaha perlu dilakukan analisis ekonomi secara tersendiri. Hal ini disebabkan karena produksi briket arang untuk tujuan komersial membutuhkan dukungan bahan baku yang besar dan kontinyu untuk menjawab permintaan pasar. Ketersediaan bahan baku yang banyak dan kontinyu dapat tercapai bila suatu lokasi memiliki suatu kegiatan yang berkelanjutan dalam bidang pertanian atau kehutanan. Selain itu ketersediaan bahan baku yang besar dan kontinyu dapat disediakan dengan cara membudidayakan atau membuat perkebunan dengan menanam suatu jenis tertentu dengan tujuan tanaman tersebut akan digunakan

sebagai bahan baku briket arang atau lebih dikenal sebagai kebun energi. Pertimbangan ketersediaan bahan baku untuk tujuan produksi briket arang secara komersil sangat penting terkait dengan pelestarian lingkungan. Jika bahan baku briket arang diambil langsung dari hutan tanpa pengendalian dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan hutan.



Gambar 3. Penyampaian Materi PKM

2. Pembuatan Briket Arang Kulit Batang Sagu

Praktek pembuatan briket arang dibagi dalam beberapa tahapan yaitu: karbonisasi, pembuatan perekat, pencetakan briket arang dan pembakaran briket arang limbah kulit sagu. Karbonisasi dilakukan dengan membakar limbah kulit batang sagu yang telah kering dalam kaleng bekas cat. Setelah proses karbonisasi mulai berjalan dilanjutkan dengan pembuatan perekat tepung sagu. Serbuk arang yang digunakan untuk praktek adalah serbuk arang limbah batang sagu yang telah dipersiapkan sebelumnya. Hal ini untuk menghemat waktu kegiatan karena proses karbonisasi berlangsung cukup lama yaitu sekitar 1 jam dan dilakukan penyiraman untuk mematikan api pada arang tersebut. Selain itu diperlukan waktu untuk mengeringkan arang yang telah dihasilkan maupun untuk proses penyeragaman ukuran serbuk arang dengan cara penghalusan dan pengayakan. Penyeragaman ukuran dilakukan untuk memaksimalkan pelaburan perekat tepung sagu pada setiap permukaan partikel serbuk arang. Ukuran serbuk arang < 100 mesh tidak digunakan disebabkan karena ukuran tersebut diduga mengandung kotoran seperti pasir yang dapat mengurangi kualitas briket arang, dalam hal ini akan mengurangi nilai kalor. Nilai kalor dipengaruhi oleh bahan anorganik terkandung dalam pasir (Pratama et al 2018; Langi et al 2020). Selain itu ukuran serbuk arang yang terlalu kecil membutuhkan perekat lebih banyak. Semakin kecil ukuran suatu partikel semakin luas permukaan partikel tersebut per berat yang sama (Idamayanti et al, 2020). Ukuran partikel serbuk arang > 40 mesh tidak digunakan disebabkan karena diduga perekatan tidak akan maksimal. Partikel dengan ukuran yang terlampau besar menyebabkan semakin meningkatnya permukaan-permukaan partikel arang yang tidak bersentuhan. Selain itu semakin besar ukuran partikel maka penetrasi perekat tidak mampu mencapai inti partikel sehingga jika ada tekanan maka akan terjadi retakan yang menyebabkan briket arang mudah hancur. Arang yang dihasilkan dengan cara penyiraman untuk mematikan api dan menghentikan proses karbonisasi bersifat rapuh atau mudah hancur (Thamrin et al, 2022)

Pada tahapan pembuatan perekat melibatkan peserta kegiatan PKM karena pembuatan perekat tepung sagu seperti mengolah tepung sagu menjadi makanan lokal yang disebut papeda. Sebagai masyarakat yang kesehariannya mengolah tepung sagu maka peserta kegiatan PKM ini dapat membuat perekat tepung sagu dengan baik. Salah satu faktor utama keberhasilan pembuatan briket arang adalah bahan perekat yang digunakan. Cara pembuatan perekat tepung sagu berbeda dengan cara pembuatan perekat tapioka (tepung singkong) yang lebih umum penggunaannya untuk pembuatan briket arang. Perekat tapioka dapat dibuat dengan dua metode. Metode pertama yaitu pencampuran tepung tapioka dengan air dingin selanjutnya dipanaskan. Metode kedua yaitu: tepung tapioka dicampur langsung dengan air panas. Pembuatan perekat tepung sagu hanya dapat dilakukan dengan cara mencampur tepung sagu yang telah dilarutkan dengan air dingin dengan air panas bersuhu sekitar 100°C. Selain pembuatan perekat tepung sagu, peserta kegiatan PKM juga melakukan pencampuran perekat dengan serbuk arang dan pencetakan briket arang.

Pencetakan briket arang dapat dilakukan setelah perekat dan serbuk arang telah tercampur dengan sempurna. Untuk memastikan apakah pencampuran telah sempurna perlu adanya pengecekan terhadap adonan serbuk arang yang dicampur dengan perekat. Adonan serbuk yang siap dicetak adalah adonan yang ketika dikepalkan akan membentuk bulatan yang kokoh. Hal ini menunjukkan bahwa perekat tepung sagu sudah membasahi seluruh permukaan partikel serbuk arang, dan jumlah perekat yang dicampur sesuai dengan jumlah serbuk arang yang digunakan. Pencetakan briket arang dilakukan menggunakan pipa berukuran 2 inci. Jumlah adonan serbuk arang yang dimasukan ke dalam pipa, hanya setengah dari panjang pipa yaitu sekitar 10 cm. Hal ini untuk mempermudah pemberian tekanan secara manual dan sesuai target ukuran briket arang yang dikehendaki yaitu memiliki panjang 3-4 cm. Panjang briket arang disesuaikan dengan ukuran diameter pipa dan jenis tekanan yang diberikan yaitu: tekanan secara manual. Perhitungan yang tepat terkait dengan ukuran cetakan, jumlah adonan serbuk arang dan jenis tekanan dapat menghasilkan briket arang yang memiliki kerapatan yang sama dan tidak mudah hancur.



Gambar 4. Proses Karbonisasi (pengarangan)



Gambar 5. Keterlibatan Peserta PKM dalam pembuatan perekat tepung sagu dan pencetakan briket arang limbah kulit sagu



Gambar 6. Briket arang limbah kulit batang sagu dan pemanfaatannya

SIMPULAN

Briket arang merupakan bahan bakar yang dapat dibuat dengan menggunakan limbah kulit batang sagu. Pembuatan briket arang diawali dengan pengeringan kulit batang sagu kemudian dihaluskan dan diseragamkan. Pencetakan briket arang dilakukan dengan metode sederhana yaitu tanpa tekanan sehingga mengurangi biaya produksi. Secara keseluruhan kegiatan ini dapat berjalan dengan baik. Hal ini dilihat dari keseriusan peserta PKM yaitu masyarakat desa Waai yang mengikuti penyampaian materi maupun terlibat dalam praktek pembuatan briket arang limbah batang sagu. Keterlibatan peserta secara langsung diharapkan akan membuat adanya kepercayaan diri pada peserta PKM sehingga pelatihan ini dapat ditindaklanjuti. Selain itu, dengan memahami materi yang disampaikan peserta dapat membuat briket arang dengan berbagai jenis biomassa dan metode.

DAFTAR PUSTAKA

Crookes R.J. 2006. Comparative bio-fuel performance in internal combustion engines. *Biomass Bioenergy* 30, 461–468.

Evans J. 2000. Power to the people. *Chemistry in Britain*, August 2000, 30–33.

Idamayanti D, Purwadi W, Al-Gary H. 2020. Pengaruh Ukuran Partikel terhadap Karakteristik Riser Sleeve Sekam Padi Pada Aplikasi Pengecoran Baja. *POSITRON* Vol. 10, No. 1 (2020), Hal. 27 – 33

- Langi BG, Rampe MJ, Tengker SMT. 2020. Ekstraksi dan Identifikasi Komponen Utama Pasir Putih dari Desa Marinsow Kabupaten Minahasa Utara dengan Pengujian XRF dan XRD. *Fullerene Journ. Of Chem* Vol.5 No.2: 78-82, 2020. doi 10.37033/fjc.v5i2.186
- Paliama, Saleky M. 2012. Sejarah Negeri Waai. Pusat Studi Maluku Universitas Pattimura Ambon.
- Pratama AA, Shadewa D, Muhyin M. 2018. Pengaruh Komposisi Bahan Dasar Dan Variasi Jenis Perekat Terhadap Nilai Kalor, Kadar Air, Kadar Abu Pada Briket Campuran Sekam Padi Dan Tempurung Kelapa. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin UNTAG Surabaya – Vol.1 No. 2* (2018)
- Rahmadani P.A., Kaimudin R.I. 2019. Pemanfaatan Limbah Sagu Menjadi Biogas Sebagai Sumber Energi Alternatif Dan Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmiah penalaran dan Penelitian Mahasiswa. Volume 3 Nomor 1*, 2019 109-114
- Ruhukail N.L. 2023. Mengenal Budaya “Pukol Sagu” Orang Maluku. *Journal on Education. Volume 05, No. 02, Januari-Februari 2023*, pp. 4362-4368.
- Scragg A.H. 2009. *Biofuels Production, Application and Development* Cambridge University Press, Cambridge.
- Siruru H, Syafii W, Wistara I.N.J., Pari G, Budiman I. 2022. Properties of sago waste charcoal using hydrothermal and pyrolysis carbonization. *Biomass Conversion and Biorefinery* Volume 12, issue 12, December 2022 Pages: 5543 – 5554. Doi.org/10.1007/s13399-020-00983-9
- Siruru H, Syafii W, Wistara I.N.J., Pari G. 2019. Characteristics of Metroxylon rumphii (pith and bark waste) from Seram Island, Maluku, Indonesia *BIODIVERSITAS. Volume 20, Number 12, December 2019. Pages: 3517-3526. DOI: 10.13057/biodiv/d201208*
- Suryaningsih S, Anggraeni Pm, Nurhilal O. Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Kualitas Termal Dan Mekanbriket Campuran Arang Sekam Padi Dan Kulit Kopi. *Jurnal Material dan Energi Indonesia Vol. 09, No. 02* (2019) 79 – 85
- Thamrin T, Sumarno S, Suharianto J. 2022. Eskalasi Produksi dan Kualitas Arang Melalui Konsep “Smart Burning Drum” Pada Kelompok Petani Kelapa Desa Sei Kepyang Kabupaten Asahan. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN). Vol.3 No.2,1 Desember 2022* 919-926
- Utami AS. 2018. *Studies on the Utilization of Sago Residue. [Dissertation] Mie University, Japan.*
- Yudiarsono Y, Anindhita A, Sugiyono A, . Wahid L.M.A, Adiarso A. 2018. *Outlook Energi Indonesia. Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. ISBN 978-602-1328-05-7.*