

POTENSI BIOMASSA TANAMAN ARENGA-PINNATA SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKU ENERGI TERBARUKAN (KAWASAN AGRO-FORESTRY EKO WISATA CISOLOK, SUKABUMI, JAWA BARAT)

Maya Dewi Dyah Maharani^{1*}, Laila Febrina¹

¹Universitas Sahid, Jakarta

*Email Korespondensi:maya@usahid.ac.id

ABSTRAK

Biomassa adalah sumber energi utama untuk aktivitas manusia hingga pertengahan abad ke-19, menyumbang sekitar 10% dari pasokan energi dunia. Produksi energi dari biomassa sebesar 8,40% dalam bentuk biomassa tradisional yang digunakan secara primitif, tidak berkelanjutan, dengan menebang pohon untuk menghangatkan lingkungan dan memasak. Sisanya 1,91% digunakan sebagai bentuk modern seperti menghasilkan listrik atau menghasilkan arang untuk industri yang ingin memproduksi etanol, bahan bakar dengan nilai oktan lebih tinggi daripada bensin tanpa pengotor seperti partikulat dan oksida belerang. Salah satu limbah yang belum dimanfaatkan adalah limbah industri tepung arenga pinnata. Maka dilakukan inventarisasi komponen-komponen penting dan dibutuhkan dalam pemanfaatan biomassa arenga pinnata, yang dilanjutkan dengan menghitung potensi jumlah limbah arenga pinnata. Penelitian dimulai dari menginventarisasi komponen penting dan dibutuhkan dalam pemanfaatan biomassa pohon arenga pinnata dengan menggunakan Interpretative Phenomenological Analysis, dilanjutkan dengan menghitung jumlah limbah pohon arenga pinnata, yang berpotensi menjadi energi biomassa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat komponen-komponen penting dan dibutuhkan dalam pemanfaatan Biomassa Pohon Arenga Pinnata, yaitu. (1) sikap Petani terhadap menumpuknya limbah arenga pinnata; (2) pengetahuan Petani terhadap pemanfaatan limbah arenga pinnata; (3) komitmen industri arenga pinnata; (4) ketahanan Petani; (5) keterbukaan informasi Harga Pokok Produksi antara Petani dan industri arenga pinnata; (6) keberlanjutan industri arenga pinnata. Selanjutnya potensi jumlah limbah padat pohon arenga pinnata sebanyak (14,40-21,6) ton/hari, sedangkan limbah cair sebesar (144-216) meter³/hari. Limbah biomassa ini akan setara dengan 864.000 liter/hari biogas atau 535,68 liter/hari minyak tanah. Potensi tersebut bisa dimanfaatkan dalam program Co-firing PLTU sebesar (8e⁻⁰⁴ – 1e⁻⁰³) %.

Kata Kunci: Biogas; biomassa; energi-terbarukan; interpretative-phenomenological-analysis; limbah-arenga_pinnata

ABSTRACT

Biomass was the primary energy source for human activities until the mid-19th century, accounting for approximately 10% of the world's energy supply. Energy production from biomass is 8.40% in the form of traditional biomass which is used primitively, unsustainably, by cutting down trees to warm the environment and cook. The remaining 1.91% is used for modern forms such as generating electricity or producing charcoal for industries that want to produce ethanol, a fuel with a higher octane value than gasoline without impurities such as particulates and sulfur oxides. One of the wastes that has not been utilized is the arenga pinnata flour industry waste. So, an inventory of the important components required for the utilization of arenga pinnata biomass was carried out, which was followed by calculating the potential amount of arenga pinnata waste. The research started by inventorying the important and necessary components in utilizing arenga pinnata tree biomass using Interpretative Phenomenological Analysis, followed by calculating the amount of arenga pinnata tree waste, which has the potential to become biomass energy. The research results show that there are important and necessary components in the utilization of Arenga Pinnata Tree Biomass, namely. (1) Farmers' attitudes towards the accumulation of arenga pinnata waste; (2) Farmers' knowledge of the use of arenga pinnata waste; (3) commitment of the arenga pinnata industry; (4) Farmer resilience; (5) disclosure of information on Cost of Goods Production between Farmers and the arenga pinnata industry; (6) sustainability of the arenga pinnata industry. Furthermore, the potential amount of solid waste from arenga pinnata trees is (14.40-21.6) tons/day, while liquid waste is (144-216) meters³/day. This biomass waste will be equivalent to 864,000 liters/day of biogas or 535.68 liters/day of kerosene. This potential can be utilized in the PLTU Co-firing program at (8e-04 – 1e-03) %.

Keywords: Biogas; biomass; renewable energy; interpretative-phenomenological-analysis; waste-arenga_pinnata

PENDAHULUAN

Pohon *Arenga Pinnata* adalah tanaman yang mempunyai nilai ekologi, ekonomi dan sosial. Masyarakat Indonesia sudah mengenal pohon *arenga pinnata* karena hampir seluruh bagian tanaman *arenga pinnata* dapat dimanfaatkan (1), antara lain biomassa tanaman *arenga pinnata* berpotensi sebagai Energi Terbarukan (ET). Saat ini pemanfaatannya masih banyak mengandalkan dari tanaman liar yang tumbuh di hutan. Pohon *arenga pinnata* adalah salah satu jenis tumbuhan palma yang memproduksi buah, nira, dan pati atau tepung di dalam batang. Industri tepung *arenga pinnata* menghasilkan limbah padat berupa serbuk serat *arenga pinnata*.

Isu peningkatan permasalahan energi global dan lingkungan hidup mendorong pengembangan produk dengan teknik dan metode ramah lingkungan (2). Limbah pertanian ketersediaannya sangat melimpah, dan berpotensi sebagai salah satu sumber energi biomassa, sebagai contoh biomassa kulit kelapa muda (3). Biomassa kulit kelapa muda, merupakan salah satu bahan bakar organik yang dihasilkan dalam proses fotosintesis oleh tanaman menggunakan energi matahari bahkan berpotensi dalam proses pirolisis. Biomassa pertanian meliputi limbah kayu pertanian, perkebunan, hasil hutan, komponen organik industri serta rumah tangga.

Biomassa adalah sumber energi utama bagi kegiatan manusia sampai pertengahan abad ke-19 (sembilanbelas) dan menyumbang sebesar 10% dari pasokan energi dunia. Total produksi energi biomassa sebesar 8,40% dalam bentuk biomassa tradisional yang digunakan secara primitif, tidak berkelanjutan, oleh populasi yang membutuhkan di benua Afrika, Asia, dan sebagian dari Amerika Latin yang menebang pohon untuk menghangatkan lingkungan dan memasak. Sedangkan sebesar 1,91% digunakan sebagai bentuk modern, menghasilkan listrik atau arang untuk industri baja yang memproduksi *etanol (bio-oil)*. *Etanol (bio-oil)* adalah bahan bakar dengan nilai oktan lebih tinggi daripada bensin tanpa pengotor seperti partikulat dan oksida belerang (4). *Bio-oil* adalah senyawa oksigenat yang berbeda, tidak seperti bahan bakar minyak bumi pada umumnya.

Sebagai energi biomassa yang dikategorikan sebagai salah satu ET yang ramah lingkungan, bersih dan terjangkau tentu saja mempunyai kualitas yang bervariasi dari rendah sampai tinggi. Energi biomassa limbah padat *arenga pinnata* sisa pembuatan pati *arenga pinnata* dapat dimanfaatkan sebagai *Refuse Derived Fuel (RDF)* karena mengandung kadar air, kadar abu, kadar volatil dan nilai kalor. Limbah *arenga pinnata* dapat menghasilkan minyak pirolisis dengan kuantitas terbanyak dan cenderung memiliki kualitas yang baik. Limbah padat pati *arenga pinnata* dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar proses pirolisis, karena mengandung C-Organik 69 %.

Energi biomassa berfungsi sebagai solusi energi alternatif untuk dekarbonisasi pembangkit listrik berbahan bakar batubara, yang telah diaktifkan kembali oleh beberapa negara akibat krisis energi global. Tanaman *arenga pinnata* berpotensi sebagai Energi biomassa untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm), atau *co-firing* biomassa (5). Namun demikian yang harus mendapat perhatian dalam pengembangannya, bahwa setiap limbah tanaman mempunyai karakteristik pembakaran yang berbeda-beda. Sebagai contoh daun lontar buah kosong tandan, dan pelepah sawit mempunyai kecenderungan pengotoran yang relatif rendah dan dapat direkomendasikan sebagai bahan bakar biomassa untuk *co-firing*.

Manfaat lain biomassa limbah industri aci *arenga pinnata* bisa meningkatkan nilai tambah industri pakan ternak (6) sehingga mensejahterakan masyarakat peternak (7). Manfaat lainnya adalah biomassa serbuk gergaji pohon *arenga pinnata* dapat

meningkatkan pertumbuhan *Eudrilus eugeniae* (8), menjadi briket karena rasio C/N yang tinggi (9), industri tisu (10), dan media budidaya jamur (11). Untuk pengolahan limbah, biomassa kayu *arenga pinnata* bermanfaat menurunkan logam Kromium (Cr) pada limbah industri batik (12), serta pembuatan briket (13)(14). Manfaat lainnya bisa untuk membuat kompor biomassa (15).

Perumusan Masalah: urgensi dari penelitian ini adalah untuk menjawab potensi jumlah biomassa tanaman *arenga pinnata* yang akan dijadikan sebagai solusi alternatif untuk memenuhi kebutuhan ET ramah lingkungan, bersih dan terjangkau untuk masyarakat Petani *Arenga Pinnata*.

Tujuan: (i) Menginventarisasi komponen-komponen penting dan dibutuhkan dalam pemanfaatan Biomassa Pohon *Arenga Pinnata*, (ii) Menghitung jumlah limbah pohon *arenga pinnata* yang berpotensi sebagai energi biomassa

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian tepatnya di desa Gunung Kramat, kecamatan Cisolok, Sukabumi, Jawa Barat. Gunung Kramat merupakan Desa perbatasan antara Propinsi Jawa Barat dan Propinsi Banten, sehingga kultur dan budayanya pun lekat dengan kebudayaan Banten atau disebut Banten Kidul.

Gunung Kramat merupakan Desa perbatasan antara Propinsi Jawa Barat dan Propinsi Banten, sehingga kultur dan budayanya pun lekat dengan kebudayaan Banten (yang disebut Banten Kidul). Letak geografis Desa Gunung Kramat yang berada di pegunungan sangat mendukung masyarakat sekitar yang sebagian besar merupakan petani, dengan luas ± 2.000 Ha sangat cocok dijadikan sentra pertanian. Gunung Kramat dianugrahi pemandangan yang sangat indah dan banyak tempat yang jika di kelola dengan baik bukan tida mungkin akan menjadi destinasi wisata yang akn banyak di kunjungi.

Letak geografis Desa Gunung Kramat yang berada di pegunungan sangat mendukung masyarakat sekitar yang sebagian besar merupakan petani, dengan luas ± 2.000 Ha (Gambar 1). Di Desa Gunung Kramat, kebanyakan pendamping tanaman *arenga pinnata* adalah tanaman hortikultura (sayur dan buah-buahan). Desa Gunung Kramat di anugrahi pemandangan yang sangat indah dan dimungkinkan akan menjadi destinasi wisata yang akan banyak di kunjungi.



sumber: dokumentasi pribadi penulis

Gambar 1. Lokasi Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan Maret tahun 2024, yang sebelumnya telah dilakukan penelitian pendahuluan pada bulan Nopember tahun 2023 sampai dengan Februari tahun 2024.

Selanjutnya desain penelitian ini dilaksanakan melalui 2 (dua) tahapan, sebagai berikut:

Tahap1: Menginventarisasi komponen penting dan dibutuhkan dalam pemanfaatan Biomassa Pohon *Arenga Pinnata*. Metode analisis yang digunakan adalah mengadopsi pendekatan kualitatif dengan *Interpretative Phenomenological Analysis (IPA)* (16), untuk menyelidiki pengalaman masyarakat (Petani, Pengolah Nira menjadi gula batok, Koperasi produksi gula *arenga pinnata*, industri gula aren), dari aktivitas *inter-subyektif* dalam proses *hermeneutik* ganda antara peneliti dan orang yang mengalaminya. Analisis IPA sudah digunakan dalam berbagai kajian, antara lain komponen-komponen penting dan dibutuhkan dalam kemandirian desa wisata.

Pengambilan sampel data dan informasi metode *Interpretative Phenomenological Analysis (IPA)*:

Pengambilan data dan informasi dilakukan melalui wawancara semi terstruktur kepada 120 (seratus duapuluh) Petani *arenga pinnata*, yang tergabung dalam 3 (tiga) Kelompok Tani yaitu Bina Karya Mandiri sebanyak 84 (delapanpuluh empat) Petani, Bina Karya Sejahtera sebanyak 27 (duapuluh tujuh) Petani, dan sisanya sebanyak 9 (sembilan) Petani tergabung dalam Kelompok Tani Bina Karya Makmur. Hasil wawancara yang dilanjutkan dengan analisis IPA ditemukan bahwa, komponen penting dan dibutuhkan dalam pemanfaatan biomassa pohon *arenga pinnata* adalah: (1) sikap Petani terhadap limbah *arenga pinnata*; (2) pengetahuan Petani terhadap pemanfaatan limbah *arenga pinnata*; (3) komitmen industri *arenga pinnata*; (4) ketahanan Petani; (5) keterbukaan informasi Harga Pokok Produksi antara Petani dan industri *arenga pinnata*; (6) keberlanjutan industri *arenga pinnata*. Lokasi penelitian ini bertumpu pada kesederhanaan dan alam, serta kemandirian masyarakat, sehingga diharapkan bisa menjadi contoh desa mandiri energi biomassa di Indonesia. Berikut adalah hasil Rekapitulasi Kelompok Tani Penyadap Aren (Tabel 1) dan Rekapitulasi hasil nira; konversi nira ke gula arenga pinnata dan produksi gula *arenga pinnata* yang dihasilkan oleh Kelompok Tani (Tabel 2).

Tabel 1. Rekapitulasi Kelompok Tani Penyadap *Arenga Pinnata*

No	Nama Kelompok Tani	Nama Blok	Jumlah Petani (orang)	Jumlah Pohon
1	Bina Karya Mandiri	Lebak Nangka (15 orang) Cisuren (60 orang) Gunung Sari (1 orang) Cilimus (6 orang) Cicadas (2 orang)	84	432
2	Bina Karya Sejahtera	Cicadas (1 orang) Gunung Sari (2 orang) Batu Nunggul (1 orang) Cimapag (8 orang)	27	150

Sirnaresmi (5 orang)
 Cikempul (1 orang)
 Ciburial (1 orang)
 Cikaret (1 orang)
 Cikiray (1 orang)
 Cipagon (6 orang)

3	Bina Karya Makmus	Sukatani (9 orang)	9	50
Total			120	632

Sumber: Hasil Observasi 2023

Berikutnya hasil rekapitulasi hasil nira; konversi nira ke gula arenga pinnata dan produksi gula *arenga pinnata* yang dihasilkan oleh Kelompok Tani (Tabel 2)

Tabel 2. Rekapitulasi hasil nira; konversi nira ke gula *arenga pinnata* dan produksi gula *arenga pinnata* yang dihasilkan oleh Kelompok Tani

No	Kelompok Tani	Hasil Nira (liter/minggu)	Rata-rata konversi nira ke gula (kg/liter)	Produksi Gula aren (kg/minggu)
1	Bina Karya Mandiri	21.168	0,102	2.121
2	Bina Karya Sejahtera	7.350	0,102	740
3	Bina Karya Makmur	2.450	0,102	290
Total		30.968		3.151

Sumber: Hasil Observasi 2023

IPA adalah metodologi kualitatif kontemporer, pertama kali dikembangkan oleh psikolog Jonathan Smith. IPA berkaitan dengan pemeriksaan rinci pengalaman hidup manusia. Dan itu bertujuan untuk melakukan pemeriksaan ini dengan cara yang sejauh mungkin memungkinkan pengalaman itu diekspresikan dalam istilahnya sendiri. IPA adalah metode untuk memastikan pemeriksaan rinci dari fenomena pengalaman yang diberikan, seperti "ia ingin mengetahui secara rinci seperti apa pengalaman orang ini, apa arti orang ini membuat apa yang terjadi pada mereka". Atas dasar tersebut IPA akan digunakan untuk eksplorasi tujuan penelitian ini, dalam mendapatkan pemahaman masyarakat setempat tentang komponen-komponen penting dan dibutuhkan dalam pemanfaatan biomassa untuk mengelola kawasan agro-forestry aren. Fenomena tersebut menjadi sebuah prioritas peneliti, yang diangkat dalam penelitian Analisis Fenomenologi Interpretatif Pemanfaatan biomassa *arenga pinnata*.

Tahap 2: Menghitung jumlah limbah pohon *arenga pinnata* yang berpotensi sebagai energi biomassa.

Pohon *arenga pinnata* mempunyai batang tidak berduri, tidak bercabang, tingginya dapat mencapai 25 meter, sedangkan diameter batangnya dapat mencapai 0,5 meter. Bagian tangkai daun *arenga pinnata* panjangnya dapat mencapai 1,5 meter, helai daun panjangnya dapat mencapai 1,45 meter, serta lebar 7 cm dan bagian bawah daun ada lilin. Hasil observasi di lapangan, sebanyak 120 Petani Penyadap Nira kepemilikan jumlah pohon *arenga pinnata* yang sudah disadap di lokasi penelitian sebanyak 632 pohon dengan rincian sebanyak 432 pohon (Bina Karya Mandiri), 150 pohon (Bina Karya Sejahtera) dan 50 pohon (bina Karya Makmur). Selanjutnya dari 120 Petani Penyadap Nira menghasilkan limbah padat yang berpotensi menjadi energi biomassa sebanyak (14,40-21,60) ton/hari. Sedangkan limbah cair adalah air sisa yang digunakan untuk membilas pati tersebut mencapai (144-216) meter³/hari.

Selanjutnya hasil wawancara yang dilanjutkan dengan metode IPA, produksi nira

sebesar 30.968 liter/minggu, sedangkan hasil gula batok sebanyak 3.151 kg/minggu.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 632 pohon aren, terdapat jumlah limbah *arenga pinnata* yang berpotensi dijadikan energi biomassa sebanyak (14,40-21,60) ton/hari. Pemanfaatan biomassa sebagai ET terus ditingkatkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Salah satu yang didorong dalam RUKN (Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional) 2019-2038 yakni melalui metode *Co-firing* pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan memanfaatkan biomassa sebagai substitusi (campuran) batubara. Terdapat 2 (dua) bahan baku yang jadi campuran metode *Co-firing*, yakni sampah dan limbah atau hasil hutan berupa kayu, ini dicampurkan 1% hingga 5%.

Sampah sebagai bahan baku pellet saat ini memiliki volume sebesar 20.925 ton per hari yang terkonsentrasi di 15 tempat pengolahan sampah kota, yakni DKI Jakarta (7.000 ton/hari), Kota Bekasi (1.500 ton/hari), Kabupaten Bekasi (450 ton/hari), Batam (760 ton/hari), Semarang (950 ton/hari), Surabaya (1.700 ton/hari) Kota Tangerang (1.200 ton/hari), Denpasar dan Badung (1.155 ton/hari). Selanjutnya, Depok, Kota dan Kabupaten Bogor (1.500 ton/hari), Makasar (1.000 ton/hari), Bandung (1.630 ton/hari), Surakarta (550 ton/hari), Malang (800 ton/hari), Regional Jogja (440 ton/hari) serta Balikpapan (290 ton/hari). Nilai kalori pengolahan sampah yang dihasilkan sekitar (2.900 - 3.400) Cal/gr.

Sementara untuk hasil hutan jenis kayu jika diekuivalensikan dengan besaran listrik yang dihasilkan, total potensi kayu untuk dijadikan jadi *wood pellet* sebesar 1.335 *Mega Watt electrical (MWe)*. Potensi tersebut tersebar di Sumatera (1.212 *MWe*), Kalimantan (44 *MWe*), Jawa, Madura dan Bali (14 *MWe*), Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur (19 *MWe*), Sulawesi (21 *MWe*), Maluku (4 *MWe*) dan Papua (21 *MWe*) dengan nilai kalori sebesar (3.300 - 4.400) Cal/gr.

Sementara itu, Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang menginisiasi aksi korporasi melalui metode *Co-firing* menjelaskan, untuk memenuhi kebutuhan 1% *Co-firing* di PLTU di Indonesia, maka dibutuhkan biomassa sebanyak 17.470 Ton/hari atau 5 Juta *wood pellet* Ton/tahun, ekuivalen dengan 738 ribu ton/tahun pellet sampah. Saat ini terdapat 3 (tiga) tipe PLTU yakni, 43 tipe *PC (Pulverized Coal)* dengan total kapasitas 15.620 MW membutuhkan campuran 5% biomassa atau setara 10.207,20 Ton/hari, 38 tipe *CFB (Circulating Fluidized Bed)* total kapasitas 2.435 MW membutuhkan 5% biomassa atau setara 2.175,60 Ton/hari. Sedangkan 23 tipe *STOKER* dengan kapasitas 220 MW menggunakan 100% biomassa atau setara 5.088 ton/hari.

Pihak PLN sendiri telah mengujicobakan *Co-firing* salah satunya di PLTU Jeranjang, Nusa Tenggara Barat melalui Indonesia Power. Sementara anak perusahaan PLN lainnya, Pembangkitan Jawa Bali (PJB) telah menguji *Co-firing* di 5 lokasi, yakni di PLTU Paiton, PLTU Indramayu, PLTU Ketapang, PLTU Tenayan dan PLTU Rembang. (RWS).

Penerapan kebijakan energi *Co-firing* biomassa, merupakan teknik substitusi dalam pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), sebagian batubara yang dijadikan bahan bakar diganti sebagian dengan bahan lainnya, yang dalam konteks ini adalah biomassa. Teknik ini diklaim dapat mengurangi ketergantungan energi Indonesia dari sumber yang tidak terbarukan, yakni batubara.

Teknik *Co-firing* biomassa ini sudah tepat diimplementasikan di Indonesia, karena

ini merupakan langkah paling realistis dalam menjalankan komitmen implementasi *green energy*. Proporsi penggunaan biomassa di PLTU Indonesia beragam, mulai dari 1%; 5% sampai bisa 100% menggantikan batubara seperti di PLTU Tembilahan di Riau. Sumber biomassa ini beragam, mulai dari serbuk gergaji (*sawdust*), pelet kayu (*wood pellet*), dan bahkan hingga sampah. Untuk di PLTU Tembilahan yang berhasil 100% menggunakan cangkang kelapa sawit. Limbah-limbah seperti ini banyak sekali di sekitar kita, sehingga harus dimanfaatkan. Oleh sebab itu, limbah arenga pinnata sangat potensi menjadi biomassa dan dapat dimanfaatkan oleh UMKM gula batok sebagai UMKM lokal.

Namun demikian, bahwa *Co-firing* biomassa ini bukan untuk solusi jangka panjang. Hal ini dikarenakan dapat tetap menghambat transisi Indonesia ke Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Metode *Co-firing* biomassa ini tetap menggunakan batubara yang pembakarannya sangat polutif, dan sumber biomassa seperti cangkang kelapa sawit juga didapatkan dari perkebunan yang mengamplifikasi deforestasi. Untuk saat ini *Co-firing* adalah yang paling realistis untuk sekarang. Terkait energi, kondisi *supply and demand* energi menjadi hal yang penting dan dibutuhkan untuk dikaji terus. Penekanan faktor ekonomi, yaitu transisi menuju EBT dan menurunkan emisi karbon membutuhkan biaya yang sangat besar, dan Indonesia belum mampu. Faktor *intermiten*, menggambarkan bahwa sumber ET surya dan angin itu tidak selalu ada setiap saat, dan membutuhkan teknologi seperti baterai untuk mengatasi faktor *intermiten* tersebut.

Keadaan transisi tanpa mempertimbangkan faktor ekonomi, masih sulit dilaksanakan. Untuk masa depan yang paling realistis untuk Indonesia adalah pengembangan pembangkit panas bumi dan nuklir. Potensi panas bumi yang masih belum dimanfaatkan oleh pembangkit berskala besar, serta energi nuklir yang efektif karena polusinya hampir nihil. Kedua EBT tersebut merupakan sumber energi yang tidak intermiten dan murah namun diperlukan peningkatan kesiapan sumber daya dan pengelolaan limbahnya yang berbahaya.

Oleh sebab itu jumlah limbah *arenga pinnata* yang berpotensi dijadikan energi biomassa sebanyak (14,40-21,60) ton/hari, selanjutnya bisa dimanfaatkan dalam program *Co-firing* PLTU sebesar ($8e^{-04} - 1e^{-03}$) %. Sebagai energi biomassa, diperkuat dengan kandungan ampas *arenga pinnata* karena kandungan C-organik sangat tinggi, sedang kandungan N-organiknya rendah, sehingga rasio C/N sebesar 99,41% (17). Selanjutnya produksi nira sebesar 30.968 liter/minggu, dan gula *arenga pinnata* batok sebanyak 3.151 kg/minggu. Produksi nira yang cukup tinggi tidak lepas dari jenis tanaman pendamping. Hal ini diperkuat dengan pendapat, bahwa produksi nira tertinggi dijumpai pada tanaman *arenga pinnata* dengan tanaman pendamping durian, sedangkan produksi nira terendah dijumpai pada tanaman *arenga pinnata* dengan tanaman pendamping karet. Untuk produksi gula tertinggi dijumpai pada tanaman *arenga pinnata* dengan tanaman pendamping karet, sedangkan produksi gula terendah dijumpai pada tanaman *arenga pinnata* dengan tanaman pendamping kayu manis (18).

KESIMPULAN

Komponen-komponen penting dan dibutuhkan dalam pemanfaatan Biomassa Pohon *Arenga Pinnata*, yaitu. (1) sikap Petani terhadap menumpuknya limbah *arenga pinnata*; (2) pengetahuan Petani terhadap pemanfaatan limbah *arenga pinnata*; (3) komitmen industri *arenga pinnata*; (4) ketahanan Petani; (5) keterbukaan informasi Harga Pokok Produksi (HPP) antara Petani dan industri *arenga pinnata*; (6) keberlanjutan industri *arenga pinnata*.

Potensi jumlah energi biomassa pohon *arenga pinnata* (14,40-21,60) ton/hari, atau setara dengan 864.000 liter/hari Biogas, atau setara dengan 535,68 liter/hari minyak tanah. Potensi tersebut bisa dimanfaatkan dalam program *Co-firing* PLTU sebesar $(8e^{-04} - 1e^{-03})$ %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Benih S, Arenga A. Dan Efisien (Scarification Of Sugar Palm (Arenga Pinnata Merr) Seed Using Jurnal Penelitian Kehutanan Sumatrana. 2021;(September).
2. Whiny R, Erliana H, Widjaja T, Altway A, Pudjiastuti L. Synthesis Of Lactic Acid From Sugar Palm Trunk Waste (Arenga Pinnata): Preliminary Hydrolysis And Fermentation Studies Synthesis Of Lactic Acid From Sugar Palm Trunk Waste (Arenga Pinnata): Preliminary Hydrolysis And Fermentation Studies. 2020;(February 2021).
3. Ridhuan K, Irawan D, Inthifawzi R. Proses Pembakaran Pirolisis Dengan Jenis Biomassa Dan Karakteristik Asap Cair Yang Dihasilkan. 2019;8(1):69–78.
4. Biomass B. Quim. Nova,. 2009;32(3):582–7.
5. Kuswa FM, Prabowo FM, Darmawan A, Hariana A. Investigation Of Slagging Fouling Aspect Of Palm Fiber And Palm Leaves Waste In Drop Tube Furnace Investigation Of Slagging Fouling Aspect Of Palm Fiber And Palm Leaves Waste In Drop [Internet]. Atlantis Press International BV; 2023. Available From: Http://Dx.Doi.Org/10.2991/978-94-6463-134-0_3
6. Sriyani NLP, Sumadi Danik. Penggunaan Ampas Pati Aren Dalam Ransum Terhadap Karakteristik Karkas Babi Bali Jantan The Use Of Palm Starch Sugar In Ration On Carcass Characteristic Of Bali Male Pigs. :103–9.
7. Industri T, Kesejahteraan DAN. 1 , 2 , 3. 2022;4(2):244–50.
8. Produksi DAN, Cacing K, Eudrilus A. Pengaruh Kombinasi Media Serbuk Gergaji Batang Pohon Aren Dan Limbah Rumput Manila Terhadap Pertumbuhan. :55–64.
9. Belakang AL. No Title. 2013;1–2.
10. Sains J, Kes JS. Jurnal Sains Dan Kesehatan (J. Sains Kes.). 6(1):31–7.
11. Budidaya M, Kayu J, Dapat Y, Aren D. Utilization Of Aren (Arenga Pinnata Merr) Sawmilling Waste. 2016;3(1):9–18.
12. Kresnadipayana D. Pemanfaatan Zeolit Alam Dan Limbah Kayu Aren (. 2012;(Vi).
13. Basuki HW, Kehutanan J, Kehutanan F, Lambung U. Analisa Sifat Fisik Dan Kimia Briket Arang Dari Campuran Tandan Kosong Aren (Arenga Pinnata Merr) Dan Cangkang Kemiri (Aleurites Trisperma) Analysis Of Physical Properties And Chemical Charcoal Bricets From Aren Embassy (Arenga Pinnata Merr) And Pecan Shell (Aleurites Trisperma). 2020;03(4):626–36.
14. Kimia JA, Matematika F, Alam P. Pengaruh Penambahan Sludge Limbah Pengolahan Lindi Terhadap Data Analisis Proksimat Dan Nilai. 2015;4(2):591–603.
15. Pendidikan J, Mesin T. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin. 2023;05(November):235–46.
16. Wisata D, Masyarakat K. Keberdayaan Masyarakat Desa Wisata Pentingsari Di Yogyakarta : Analisis Fenomenologi Hermeneutik. 2023;155–65.
17. Belakang AL. No Title. 2021;1–4.
18. Plants C, Mahmud A, Harahap DE, Siregar ES, Lubis R. Jurnal Pertanian Tropik Jurnal Pertanian Tropik. 2021;8(3):228–33.

