



Pemanfaatan Limbah Penyulingan Minyak Nilam Dan Sekam Padi Dalam Pembuatan Biobriket Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dengan Dominan Limbah Nilam

Vincent Putra Tandiapa, Alfred Noufie Mekel, Artian Sirun, Tineke Saroinsong

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado

¹tinekesaroinsong@polimdo.or.id

Abstract

*Patchouli (*Pogostemon cablin*) oil distillation waste and rice husk are abundant but underutilized agricultural and agro-industrial residues in Talawaan, North Sulawesi, Indonesia. This study evaluates the fuel characteristics of biobriquettes prepared from patchouli distillation waste and rice husk at three composition ratios (20:80, 30:70, and 40:60, rice husk to patchouli waste by weight) using tapioca starch as a binder. Proximate parameters, including moisture content, ash content, and volatile matter, were determined at an accredited testing laboratory (Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri, BSPJI, Manado) following SNI 01-6235-2000, while fixed carbon content was calculated by difference and burning rate was measured as the ratio of mass loss to combustion time. Results show that increasing the rice husk proportion decreased moisture content from 19.59% to 14.39% and volatile matter from 43.65% to 38.38%, while ash content increased from 26.73% to 34.44%, likely due to the high silica content of rice husk. The burning rate was comparable for the 20% and 30% rice husk compositions (0.602 and 0.605 g/min, respectively) but decreased at 40% rice husk (0.484 g/min). None of the three compositions met the SNI 01-6235-2000 limits for moisture and ash content (maximum 8% each), although the 30:70 composition performed best overall among the tested variations. These findings complement a companion study on the hydraulic press machine developed for this feedstock blend and provide baseline fuel-quality data for further process optimization.*

Keywords: biobriquette, patchouli distillation waste, rice husk, proximate analysis, burning rate

Abstrak

Limbah penyulingan minyak nilam (*Pogostemon cablin*) dan sekam padi merupakan limbah pertanian dan agroindustri yang melimpah, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal di Desa Talawaan, Sulawesi Utara. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik bahan bakar biobriket yang dibuat dari campuran limbah penyulingan minyak nilam dan sekam padi pada tiga variasi komposisi (Sekam Padi (SP) : Limbah Nilam (LN) = 20:80, 30:70, dan 40:60 berdasarkan berat) dengan perekat tepung tapioka. Parameter proksimat, yaitu kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap, diuji di laboratorium terakreditasi Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Manado mengacu pada SNI 01-6235-2000, sedangkan kadar karbon tertambat dihitung dengan metode selisih dan laju pembakaran diukur sebagai rasio kehilangan massa terhadap waktu pembakaran. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan proporsi sekam padi menurunkan kadar air dari 19,59% menjadi 14,39% dan kadar zat menguap dari 43,65% menjadi 38,38%, sementara kadar abu meningkat dari 26,73% menjadi 34,44%, yang diduga dipengaruhi oleh kandungan silika sekam padi yang tinggi. Laju pembakaran relatif sama pada komposisi 20% dan 30% sekam padi (0,602 dan 0,605 g/menit), namun menurun pada komposisi 40% sekam padi menjadi 0,484 g/menit. Ketiga variasi belum memenuhi syarat SNI 01-6235-2000 untuk kadar air dan kadar abu (maksimal 8%), meskipun komposisi 30:70 menunjukkan kinerja terbaik di antara ketiga variasi yang diuji. Temuan ini melengkapi penelitian pendamping mengenai mesin press hidrolik yang dikembangkan untuk bahan baku ini sekaligus menjadi data dasar untuk optimasi proses pencetakan briket selanjutnya.

Kata kunci: biobriket, limbah penyulingan nilam, sekam padi, analisis proksimat, laju pembakaran

1. Pendahuluan

Isu krisis energi yang semakin meluas, ditambah dengan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil, telah mendorong berbagai pihak untuk mengembangkan sumber energi alternatif berbasis biomassa. Salah satu yang menarik perhatian adalah pemanfaatan limbah pertanian dan agroindustri, seperti sekam padi dan limbah penyulingan minyak atsiri, yang tersedia dalam jumlah besar di Indonesia [1], [2]. Sekam padi, sebagai contoh, memiliki beragam potensi valorisasi—mulai dari produksi bioetanol, bio-oil, hingga bahan bakar padat seperti biobriket [2], [3]. Heriyanti dkk. [4] bahkan menunjukkan bahwa *biochar briquettes* dari campuran limbah pertanian (jagung, sekam padi, dan tempurung kelapa) dapat mencapai nilai kalor yang cukup tinggi, yakni 7.192 kcal/kg dengan kadar abu rendah (3,57%). Hal ini semakin memperkuat keyakinan bahwa blending biomassa dapat menjadi strategi efektif untuk meningkatkan kualitas bahan bakar padat. Secara umum, biomassa jenis ini memang berpotensi besar untuk diolah menjadi bahan bakar padat, mengingat ketersediaannya yang melimpah dan biaya pengolahannya yang relatif rendah [3], [4].

Di Sulawesi Utara, khususnya Desa Talawaan, industri penyulingan minyak nilam menghasilkan limbah padat berupa ampas daun dan batang nilam pasca-distilasi dalam jumlah besar. Sayangnya, selama ini limbah tersebut umumnya hanya ditumpuk di sekitar lokasi penyulingan atau dibakar langsung tanpa pengolahan lebih lanjut, sehingga berpotensi mencemari lingkungan sekitar [5]. Kondisi serupa juga dilaporkan pada sentra-sentra penyulingan nilam lain di Indonesia, seperti di Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Selatan, tempat masyarakat sekitar bahkan merambah hutan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar penyulingan [9], [10]. Di sisi lain, sekam padi sebagai hasil samping penggilingan padi juga tersedia melimpah namun kurang termanfaatkan secara optimal [1]. Saeed dkk. [5] menyatakan bahwa kandungan air dalam briket sekam padi memengaruhi signifikan terhadap densitas energi dan kemudahan penyalaan, di mana kandungan air yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor dan efisiensi pembakaran. Steven dkk. [6] menambahkan bahwa kandungan silika dalam sekam padi yang mencapai 20–22% berat kering merupakan faktor kunci yang memengaruhi pembentukan abu dan karakteristik termal briket.

Beberapa penelitian terdahulu memang telah mengkaji pemanfaatan limbah nilam maupun

sekam padi sebagai bahan baku briket, namun umumnya dilakukan secara terpisah. Belum ada yang mengombinasikan keduanya sekaligus disertai karakterisasi proksimat lengkap. Santika dkk. [7] misalnya, melakukan karakterisasi proksimat dan nilai kalor pada briket bioarang dari limbah padat penyulingan minyak nilam murni melalui proses pirolisis terkendali, memperoleh kondisi optimum pada berat bahan baku 1800 g dengan suhu pirolisis 400°C, yaitu kadar air 5,0%, kadar abu 3,5%, kadar zat menguap 8,3%, kadar karbon tertambat 83,19%, serta nilai kalor 5.291 kal/g. Namun demikian, penelitian tersebut tidak melibatkan campuran sekam padi maupun pengujian laju pembakaran. Ginting dkk. [8] melaporkan hasil serupa pada briket bioarang limbah padat penyulingan nilam Lhokseumawe dengan nilai kalor 5.291 cal/g dan laju pembakaran 0,184 g/menit pada kondisi optimal. Lestari dkk. [9] dan Iswanto dkk. [10] masing-masing melaporkan kegiatan pengabdian masyarakat berupa pelatihan pembuatan briket arang dari limbah batang/daun nilam di Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Selatan. Kedua kegiatan tersebut bersifat pelatihan dan sosialisasi tanpa disertai pengujian kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, maupun laju pembakaran secara kuantitatif. Suhartoyo [11] memang melakukan karakterisasi proksimat dan nilai kalor pada biobriket sekam padi, tetapi bahan tambahannya adalah limbah penyulingan minyak cengkeh, bukan nilam.

Sebagai kelanjutan dari penelitian rancang bangun mesin pencetak biobriket hidrolik multi-cavity berbahan campuran limbah penyulingan minyak nilam dan sekam padi yang telah dikembangkan oleh Tandiapa dkk. [12], penelitian ini dilakukan untuk merancang serta membuat sebuah mesin press biobriket hidrolik yang memanfaatkan limbah penyulingan minyak nilam dan sekam padi sebagai upaya mendukung pemanfaatan limbah biomassa sebagai sumber energi alternatif. Riset ini fokus pada rancangan dan kapabilitas mesin, sekaligus merekomendasikan agar penelitian selanjutnya melakukan evaluasi terhadap kualitas biobriket yang telah diproduksi, kadar air, kadar abu, kandungan zat mudah menguap, karbon tertambat, dan laju pembakaran [13]. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi komposisi campuran limbah penyulingan minyak nilam dan sekam padi (20:80, 30:70, dan 40:60) terhadap karakteristik proksimat dan laju pembakaran biobriket yang dihasilkan,

serta menentukan komposisi yang memberikan kinerja terbaik sebagai bahan bakar alternatif.

2. Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan berupa limbah padat sisa penyulingan minyak nilam dan sekam padi, diperoleh dari Desa Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara. Proses pembuatan biobriket pada penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan. Pertama, bahan baku yang telah dikeringkan dikarbonisasi secara terpisah menggunakan tungku karbonisasi sederhana. Selanjutnya, arang yang dihasilkan dihaluskan dan diayak untuk memperoleh ukuran seragam. Serbuk arang dari kedua bahan baku kemudian dicampur sesuai dengan tiga variasi komposisi yang telah ditentukan, yaitu 20% SP : 80% LN, 30% SP : 70% LN, dan 40% SP : 60% LN, dengan perekat tepung tapioka 12%. Campuran serbuk arang ini kemudian dihomogenkan dengan larutan perekat sebelum dicetak menggunakan mesin press hidrolik multi-cavity [12] dengan tekanan pemadatan seragam. Setelah proses pencetakan, biobriket dikeringkan hingga mencapai kondisi kadar air yang relatif stabil sebelum dilakukan pengujian.

Pengujian proksimat mencakup kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap (bagian yang hilang pada pemanasan 950°C), dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Manado mengacu pada SNI 01-6235-2000 [13], masing-masing dengan tiga kali ulangan per variasi komposisi. Kadar karbon tertambat (*fixed carbon*) dihitung berdasarkan selisih terhadap 100%, mengikuti pendekatan neraca massa proksimat yang umum digunakan pada karakterisasi bahan bakar padat biomassa [1]:

$$FC (\%) = 100\% - (MC + Ash + VM) \quad (1)$$

dimana :

FC (*Fixed Carbon*) = Kadar Karbon Tertambat

MC (*Moisture Content*) = Kadar Air

Ash = Kadar Abu

VM (*Volatile Matter*) = Kadar Zat Menguap

Laju pembakaran (*Burning Rate*) diukur secara gravimetri dengan menimbang massa awal briket (M_0) dan massa briket setelah dibakar selama waktu tertentu (M_1), pada waktu (t), menggunakan persamaan berikut [11]:

$$BR (g/min) = (M_0 - M_1) / t \quad (2)$$

Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung nilai rata-rata setiap parameter pada masing-masing variasi komposisi, kemudian dibandingkan terhadap syarat

mutu briket menurut SNI 01-6235-2000 [13] untuk menentukan komposisi optimal.

3. Hasil dan Pembahasan

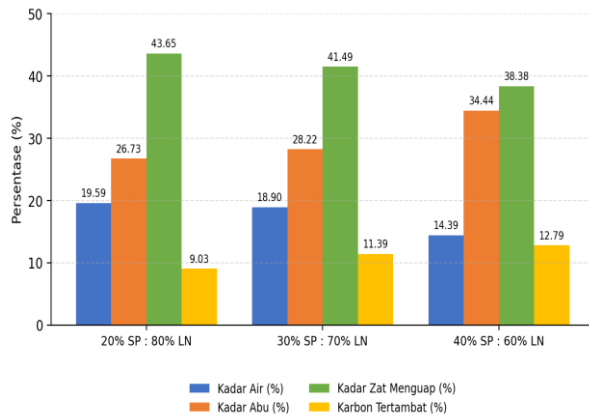
Tabel 1 menyajikan ringkasan hasil pengujian proksimat rata-rata dari tiga kali ulangan untuk masing-masing variasi komposisi, termasuk nilai kadar karbon tertambat yang dihitung berdasarkan Persamaan (1).

Tabel 1. Karakteristik proksimat biobriket pada tiga variasi komposisi

Variasi Komposisi	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Zat Menguap (%)	Karbon Tertambat (%)
20% SP 80% LN	19,59	26,73	43,65	9,03
30% SP :70% LN	18,90	28,22	41,49	11,39
40% SP 60% LN	14,39	34,44	38,38	12,79
SNI 01- 6235-2000	maks. 8	maks. 8	maks 15	–

Keterangan : kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap merupakan nilai rata-rata dari tiga kali ulangan pengujian di Laboratorium Pengujian BSPJI Manado (Laporan Hasil Uji No. 705/BSPJI-Manado/MS/VI/2026). Kadar karbon tertambat dihitung dari nilai rata-rata ketiga parameter tersebut berdasarkan Persamaan (1).

Dari data yang diperoleh, terlihat adanya kecenderungan penurunan kadar air seiring dengan meningkatnya proporsi sekam padi dalam campuran. Pada komposisi 20% SP, kadar air tercatat sebesar 19,59%, kemudian turun menjadi 18,90% pada komposisi 30% SP, dan mencapai 14,39% pada komposisi 40% SP. Pola ini dapat dipahami mengingat sifat sekam padi yang relatif lebih rendah daya serap kelembapannya dibandingkan dengan arang limbah nilam [5].



Gambar 1. Perbandingan Parameter Proksimat Biobriket pada Tiga Variasi Komposisi

Di sisi lain, penambahan proporsi sekam padi justru berdampak pada peningkatan kadar abu, dari 26,73% pada komposisi 20% SP menjadi 28,22% (30% SP) dan 34,44% (40% SP). Fenomena ini tidak terlepas dari kandungan silika dan mineral anorganik yang memang cukup tinggi pada sekam padi [1], [6]. Sebagaimana dijelaskan Steven dkk. [6], kandungan silika dalam sekam padi dapat mencapai 20–22% berat kering, sehingga tidak mengherankan jika residu abu pasca-pembakaran cenderung besar. Menarik untuk dibandingkan dengan hasil Yunusa dkk. [3] yang memperoleh kadar abu sekitar 15% pada briket sekam padi mentah dengan perekat cassava starch. Hasil pengujian pada penelitian ini (26,73%–34,44%) jauh melampaui nilai tersebut, mengindikasikan bahwa proses karbonisasi sederhana yang dilakukan belum optimal dalam mengontrol pembentukan abu, kemungkinan akibat suhu karbonisasi yang tidak seragam dan kurangnya kontrol atmosfer inert.

Kadar zat menguap juga menunjukkan kecenderungan menurun, dari 43,65% pada komposisi 20% SP menjadi 41,49% (30% SP) dan 38,38% (40% SP). Penurunan ini berbanding terbalik dengan tren kadar abu, yang dapat dipahami karena semakin besar fraksi anorganik maka semakin kecil fraksi organik yang dapat menguap. Sebagai konsekuensinya, kadar karbon tertambat yang dihitung secara *by difference* menunjukkan peningkatan dari 9,03% menjadi 12,79%. Namun demikian, perlu disadari bahwa kenaikan ini lebih bersifat artefak matematis akibat penurunan drastis pada kadar zat menguap, bukan karena peningkatan kandungan karbon murni yang sebenarnya.

Buktinya, nilai 12,79% tersebut masih sangat jauh di bawah standar briket arang berkualitas baik. Ibandingkan dengan syarat mutu SNI 01-6235-2000 [13], ketiga variasi komposisi belum memenuhi batas maksimal kadar air maupun kadar abu (masing-masing 8%). Nilai-nilai tersebut juga masih jauh di atas capaian Santika dkk. [7] pada briket bioarang nilam murni melalui proses pirolisis terkendali (kadar air 5,0%; kadar abu 3,5%) maupun Ginting dkk. [8] (kadar air 5,77%; kadar abu 4,28%). Temuan ini mengindikasikan bahwa proses karbonisasi sederhana pada penelitian ini berpotensi ditingkatkan melalui kontrol suhu dan berat bahan baku pirolisis yang lebih sistematis. Hasil ini juga sejalan dengan Wakatuntu dkk. [1] yang melaporkan kadar abu sekam padi mentah dapat mencapai lebih dari 20%. Meskipun penelitian ini belum mencakup pengujian nilai kalor, capaian nilai kalor pada penelitian sejenis berbahan limbah nilam, seperti Lestari dkk. [9] (5.200 kal/g), Santika dkk. [7] (5.291 kal/g), dan Ginting dkk. [8] (5.291 kal/g), menunjukkan potensi peningkatan nilai kalor biobriket apabila proses karbonisasi pada penelitian ini dioptimalkan lebih lanjut.

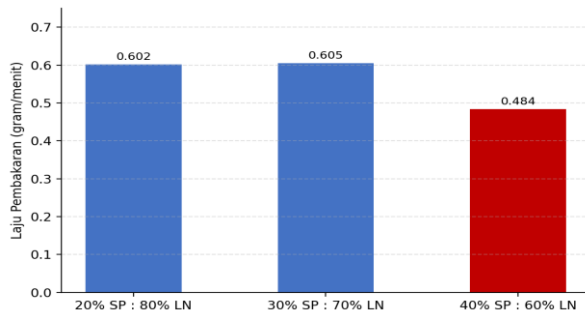
Hasil pengujian laju pembakaran biobriket pada tiap variasi komposisi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian laju pembakaran biobriket

Variasi Komposisi	M ₀ (gram)	M ₁ (gram)	t (menit)	Laju Pembakaran (g/menit)
20% SP 80% LN	66	19	78,08	0,602
30% SP 70% LN	72	23	81,05	0,605
40% SP 60% LN	77	28	101,26	0,484

Dari Tabel 2, laju pembakaran komposisi 20% SP dan 30% SP relatif berdekatan (0,602 dan 0,605 g/menit), sedangkan pada komposisi 40% SP terjadi penurunan sekitar 20% menjadi 0,484 g/menit.

Penurunan ini sejalan dengan rendahnya kadar zat menguap dan tingginya kadar abu pada komposisi tersebut, karena kandungan abu yang tinggi menghambat proses pembakaran dan menurunkan kecepatan konsumsi bahan bakar padat. Pola ini konsisten dengan kaitan antara kadar abu dan efisiensi pembakaran yang dilaporkan pada karakterisasi biobriket sekam padi [11].



Gambar 2. Laju Pembakaran Biobriket pada Tiga Variasi Komposisi

Perbandingan dengan literatur menunjukkan bahwa laju pembakaran briket arang limbah nilam murni yang dilaporkan Ginting dkk. [8] sebesar 0,184 g/menit lebih rendah dari seluruh variasi campuran dalam penelitian ini, mengindikasikan bahwa penambahan sekam padi cenderung meningkatkan laju pembakaran. Sebaliknya, Yunusa dkk. [3] melaporkan laju pembakaran yang sangat tinggi (10,22–37,10 g/menit) pada briket sekam padi mentah tanpa karbonisasi, yang menunjukkan peran proses karbonisasi dalam menurunkan laju konsumsi bahan bakar agar lebih terkontrol. Hasil penelitian ini (0,484–0,605 g/menit) berada di antara kedua ekstrem tersebut, mengindikasikan bahwa campuran limbah nilam terkarbonisasi dan sekam padi menghasilkan profil pembakaran yang moderat.

Berdasarkan keseluruhan parameter yang diuji, komposisi 30% SP : 70% LN menunjukkan kinerja relatif paling baik di antara ketiga variasi. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa komposisi tersebut memiliki kadar air terendah kedua, kadar abu yang masih lebih rendah dibandingkan komposisi 40% SP, kadar zat menguap yang cukup tinggi, serta laju pembakaran tertinggi di antara seluruh variasi. Meskipun demikian, ketiga variasi masih memerlukan perbaikan pada proses karbonisasi maupun pengeringan untuk memenuhi syarat SNI 01-6235-2000 [13] dari sisi kadar air dan kadar abu. Seluruh variasi juga masih perlu dijauhkan dari standar kualitas briket bioarang yang dilaporkan Santika dkk. [7] dan Ginting dkk. [8]. Temuan ini melengkapi hasil rancang bangun

mesin press hidrolik multi-cavity untuk campuran limbah nilam dan sekam padi yang telah dikembangkan sebelumnya [12], dengan menyediakan data karakteristik bahan bakar yang sebelumnya belum dilaporkan.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa variasi komposisi campuran limbah penyulingan minyak nilam dan sekam padi memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap karakteristik proksimat maupun laju pembakaran biobriket hasil produksi. Peningkatan proporsi sekam padi dalam campuran ternyata mampu menekan kadar air dan kadar zat menguap, namun di balik itu terjadi peningkatan kadar abu yang cukup tinggi. Kondisi ini kemudian berimbas pada penurunan laju pembakaran pada komposisi 40% SP, yang diduga kuat disebabkan oleh akumulasi abu silika yang semakin besar. Dari ketiga variasi yang diuji, komposisi 30% sekam padi : 70% limbah nilam memberikan kinerja terbaik, meskipun seluruh variasi belum memenuhi syarat mutu SNI 01-6235-2000 untuk kadar air dan kadar abu. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan pengujian nilai kalor, uji emisi gas buang, serta optimasi proses karbonisasi guna meningkatkan kesesuaian biobriket terhadap standar nasional.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Manado atas fasilitas pengujian proksimat di laboratorium terakreditasi.

Daftar Rujukan

- [1] Wakatuntu, J., Olupot, P.W., Jjagwe, J., Menya, E. and Okure, M., 2023. Optimization of pyrolysis conditions for production of rice husk-based bio-oil as an energy carrier. *Results in Engineering*, 17, 100947.
- [2] Chavan, S., Mitra, D. and Ray, A., 2024. Harnessing rice husks: Bioethanol production for sustainable future. *Current Research in Microbial Sciences*, 7, 100298.
- [3] Yunusa, S.U., Mensah, E., Preko, K., Narr, S., Saleh, A., Sanfo, S. and Dembele, F., 2025. Development and optimization of rice husk composite briquettes as a sustainable cooking energy solution in Nigeria. *Next Energy*, 8, 100360.

- [4] Heriyanti, A.P., Bakri, S.N.S., Jabbar, A., Kholil, P.A., Amelia, R.N., Savitri, E.N., Rifaatunnisa, Dewi, S.H. and Sultan, H., 2025. Exploring biochar briquettes from biomass waste for sustainable energy. *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology (ASSET)*, 7(3), 0250303-01–0250303-014.
- [5] Saeed, A.A.H., Harun, N.Y., Bilad, M.R., Afzal, M.T., Parvez, A.M., Vinayagam, V.D., Afolabi, H.K. and Rahim, S.A., 2021. Moisture content impact on properties of briquette produced from rice husk waste. *Sustainability*, 13(6), 3069.
- [6] Steven, S., Restiawayy, E. and Bindar, Y., 2021. Routes for energy and biosilica production from rice husk: A comprehensive review and emerging prospect. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111329.
- [7] Santika, S.W., Ginting, Z., Sulhatun, Nurlaila, R. and Masrullita, 2023. Pembuatan briket bioarang dari limbah padat hasil penyulingan minyak nilam terhadap berat bahan baku dan temperatur pirolisis dengan metode pirolisis. *Chemical Engineering Journal Storage*, 3(5), pp.618-628.
- [8] Ginting, Z., Anshar, K., Setiawan, A., Ishak, Wildani, C., Santika, S.W. and Milya, C.R., 2022. Pyrolyzed bio charcoal briquettes of solid waste from Lhokseumawe patchouli oil refinery. In: *Proceedings of Malikussaleh International Conference on Multidisciplinary Studies (MICOms)*. Lhokseumawe, Indonesia. E-ISSN: 2963-2536.
- [9] Lestari, L., Raharjo, S., Sudiana, I.N., Saleh, I., Rusman, L.O., Angkasa, F.J., Melani and Israyani, 2022. Pembuatan briket arang limbah batang nilam sebagai energi alternatif di Desa Lamboeya Kecamatan Moramo Utara. *JAPIMAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), pp.1-4.
- [10] Iswanto, Budiarty, Budiman, Y.A., Saidil, Kadri, M.A. and Pratama, A.R., 2023. Pemanfaatan limbah penyulingan tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth) sebagai bahan baku briket di Desa Sadar Kabupaten Bone. *ABDI UNISAP: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), p.51.
- [11] Suhartoyo, 2025. Analisis pengaruh penambahan limbah usaha penyulingan minyak atsiri cengkeh terhadap karakteristik biobriket sekam padi. *Journal of Industrial Science and Mechanical Engineering*, 1(1), pp.31-40.
- [12] Tandiapa, V., Pantow, R., Simanjuntak, S., Manoppo, F., Raphaella, J., Saroinsong, T., Mekel, A.N., Motulo, F.R. and Muaja, E.B., 2026. Design and development of a press machine for biobriquettes made from patchouli distillation waste and rice husk. *International Journal Science and Technology*, 5(1), pp.1-13.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, 2000. *SNI 01-6235-2000: Briket arang kayu*. Jakarta: BSN.