

Pembuatan Karbon Aktif Dan Biopellet Dari Bambu Lokal Malang

(Production of Malang Local Bamboo Species as Activated Carbon and Biopellet)

Naresvara Nircela Pradipta¹, Galit Gatut Prakosa^{1*}, Faisal Hardin Masykurrahmat², Galang Dwi Basuseno²

¹ Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Jalan Raya Tlogomas No. 246 Babatan, Tegalondo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65144

*E-mail: galitgatut@umm.ac.id

ABSTRACT

Bamboo endemic species in Malang that have great potential for biomass utilization are apus, java, rampal, ori, and ampel bamboos. The fast-grown bamboo plant opens another potential to be used as an energy source as mixed pellets and carbon sources. In this study, the biopellet was made from bamboo powder that sieved with 40 and 60 mesh as initial treatment, then formed with pellet mold and dried. The products were tested according to SNI-8675-2018: Pellet. Furthermore, the carbon was made from mashed charcoal, where the powder than was activated using HCl solution with different concentrations namely 10% and 15%. The quality was tested according to Technical Activated Charcoal Standard (SNI 06-3730-1995). The results were tested by ANOVA to see the interaction of bamboo species and the pretreatment used. Rampal and Ori biopellets met the the SNI and has the highest calorific value. While the Ampel, Apus, Ori and Rampal bamboo carbon have the highest iodine absorption of 785,39 mg/g.

Keywords: *Ampel, Apus, Biopellet, Carbon, Java, Ori, Rampal*

ABSTRAK

Spesies endemik bambu di Malang yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan biomasnya yaitu bambu apus, jawa, rampal, ori, dan ampel. Sifat tanaman yang cepat tumbuh, membuka potensi lain dari bambu untuk digunakan sebagai sumber energi dalam bentuk biopellet campuran dan karbon. Biopellet dibuat dari serbuk bambu kemudian diayak dengan ukuran 40 dan 60 mesh sebagai perlakuan awal. Serbuk yang telah diperoleh kemudian dicetak dan dikeringkan. Biopellet yang dihasilkan kemudian diuji berdasarkan SNI-8675-2018: Pelet. Karbon dibuat dari arang yang sudah dihaluskan, kemudian serbuk diaktivasi menggunakan larutan HCl dengan variasi konsentrasi 10% dan 15%. Hasil arang aktif kemudian diuji dengan standar Arang Aktif Teknis (SNI 06-3730-1995). Data hasil pengujian dianalisis menggunakan ANOVA untuk melihat interaksi jenis bambu dan praperlakuan yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bambu rampal dan ori memenuhi SNI dan memiliki nilai kalor yang tinggi, sedangkan jenis ampel, apus, ori dan rampal memiliki daya jerap iodin tertinggi mencapai 785,39 mg/g.

Kata kunci: Apus, ampel, biopellet, jawa, karbon, ori, rampal,

PENDAHULUAN

Malang memiliki spesies endemik bambu yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan biomasnya yaitu bambu apus (*Gigantochloa atter* Hassk Kurz ex Munro), bambu tali (*Gigantochloa apus* Kurz), bambu rampal (*Schizostachyum zollingeri* Steud), bambu ori (*Bambusa blumeana* Schult.f), dan bambu ampel (*Bambusa vulgaris* Schrad.ex J.C) (Octriviana & Ardiarini, 2017). Namun demikian, nilai pemanfaatan bambu tersebut masih rendah dan terbatas untuk pemanfaatan lokal. Indonesia

saat ini menempati urutan ketiga negara penghasil bambu terbesar di dunia setelah Cina dan Thailand (Latifah, Siswanto, Supriyadi, & Rochim, 2020). Di Indonesia, bambu menempati area seluas 2 juta ha, yang merupakan 5% dari populasi bambu di dunia, yang terdiri dari 33 marga dan 160 spesies. Bambu telah memainkan peran penting dalam kehidupan sehari-hari di Indonesia. Bambu telah digunakan untuk arsitektur, peralatan rumah tangga, mebel, alat musik, tekstil, dan tikar setelah



melalui proses pengolahan fisik yang sederhana (Park, Lee, Febrianto, & Wistara, 2021). Hingga saat ini, biomass bambu dimanfaatkan sebatas konstruksi ringan, konstruksi berat, dan kerajinan (Maulana, Marwanto, Nawawi, Nikmatin, Febrianto, & Kim, 2020). Sifatnya yang cepat tumbuh, membuka potensi lain dari bambu untuk digunakan sebagai sumber energi dalam bentuk pellet campuran (Brunner, Norhidayat, & Brunner, 2021) dan sumber karbon yaitu untuk biochar (Asmara, Atmaja, Suwastika, & Kesumaderi, 2021), adsorben (Novitasari & Hanifah, 2021), dan nano karbon (Kurniawan, 2022).

Dari morfologinya, kelima spesies bambu ini memiliki bentuk batang yang berbeda yaitu: Bambu ater memiliki batang hijau gelap dengan diameter 5–10 cm dan tinggi tanaman mencapai 22 m (Eskak, 2016). Bambu apus memiliki batang bulat besar, warna hijau tua ada sedikit bintik-bintik putih (Stapelton & Widjaja, 1995). Bambu rampal memiliki batang lurus dan tegak, permukaan buluh agak halus dan licin berwarna hijau tua kekuningan (Alataris, Thamrin, & Herawatiningsih, 2019). Bambu ori memiliki batang tegak, dapat mencapai tinggi 25 m, agak berbiku-biku, berduri (Sujarwanta & Zen, 2020). Bambu ampel memiliki batang berbiku-biku berwarna hijau mengkilap dengan tinggi 17 m, diameter 4 – 8,5 cm (Rohimah & Walujodjati, 2022). Kelima jenis bambu ini juga memiliki perbedaan komposisi kimia termasuk kandungan ekstraktif, holoselulosa, lignin, dan abu (Illya & Bali, 2021). Oleh sebab itu, untuk mengoptimalkan pemanfaatan bahan, diperlukan proses pra-perlakuan dan pengolahan yang berbeda.

Supaya produk pelet dan karbon dapat diterima industri, produk tersebut harus melewati standar yang berlaku. Di Indonesia, standar yang digunakan adalah SNI (Standar Nasional Indonesia). Pada produk biopellet, standar produk yang harus dipenuhi yaitu SNI-8675-2018 (Badan Standarisasi Nasional, 2018) dan sumber karbon aktif teknis yaitu SNI 06-3730-1995 (Badan Standarisasi Nasional, 1995). Penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi potensi dan pra-perlakuan yang efektif untuk bambu yang merupakan biomassa endemik di Malang sebagai

bahan baku baru untuk biopellet dan sumber karbon berstandar sehingga membuka peluang peningkatan nilai dan manfaat bambu bagi masyarakat sekitar.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Prodi Kehutanan Universitas Muhammadiyah Malang dan Laboratorium Kimia Universitas Muhammadiyah Malang. Bahan yang digunakan berupa lima jenis bambu lokal yaitu bambu jawa (*J*), bambu apus (*Ap*), bambu rampal (*R*), bambu ori (*O*), dan bambu ampel (*Am*).

Metode

Biopellet

Bahan baku yang telah dipotong 10 cm kemudian dibelah menjadi chip berukuran 5 mm dan dihaluskan dengan grinder. Hasil serbuk diayak dengan ukuran 40 dan 60 mesh. Serbuk yang telah diperoleh dari masing-masing ukuran ditimbang dan ditambahkan perekat berbasis tapioka dengan konsentrasi 30% perekat. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Mustamu (2018), konsentrasi tersebut memberikan nilai energi optimal. Kemudian dilakukan pencetakan pellet menggunakan alat cetak pelet manual Ø 5 mm dan dikeringkan. Produk pelet kemudian diuji dengan standar Pelet (SNI-8675-2018) pada parameter nilai kalor dan proksimat (karbon terikat, kadar abu, zat mudah menguap).

Arang Aktif

Bahan baku yang telah dipotong 10 cm kemudian dikarbonisasi selama 2 jam dengan suhu 300–400 °C. Kemudian arang dihaluskan menjadi serbuk dan diayak 60 mesh. Serbuk yang diperoleh kemudian diaktivasi menggunakan larutan HCl dengan variasi konsentrasi 10% dan 15% selama 24 jam. Hasil arang aktif kemudian diuji dengan standar Arang Aktif Teknis (SNI 06-3730-1995) pada parameter nilai daya serap iodine dan proksimat (karbon terikat, kadar abu, zat mudah menguap). Kemudian data dianalisis menggunakan uji ANOVA *two way* untuk melihat

perbedaan perlakuan yang berkaitan antara variabel yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biopelet

Hasil analisis sifat kimia biopelet tercantum pada Tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat hasil perlakuan ukuran partikel 40 dan 60 mesh dengan jenis bambu menunjukkan perbedaan signifikan pada kadar air, kadar abu, karbon terikat dan nilai kalor.

Biopelet yang dihasilkan memiliki syarat kadar air yang dikehendaki. Kadar air biopelet yang kurang dari 10%, menunjukkan struktur pelet yang lebih kompak. Dalam kondisi tersebut, air dan lignin dari partikel menghasilkan struktur yang lebih kental dan meningkatkan gaya ikat antar partikel saat proses pengempaan (Ahmed, Rakib, & Hemayet, 2021). Kadar air biopelet berkisar antara 9,82 – 24,14% dimana sebagian besar perlakuan telah lolos SNI. Hasil perlakuan menunjukkan kadar air jenis bambu ampel, apus, dan jawa 40 mesh memiliki kadar air yang lebih tinggi dibanding 60 mesh. Sebaliknya bambu rampal dan ori yang berukuran partikel 40 mesh memiliki kadar air yang lebih rendah dibanding 60 mesh. Variasi kadar air diantara jenis bambu dapat disebabkan perbedaan karakteristik sel batang bambu akibat proses adaptasi fisiologis terhadap kondisi kejenuhan air di tempat tumbuhnya

(Brunner et al., 2021). Hal tersebut berdampak pada variasi bahan saat digunakan beberapa jenis bambu sebagai bahan baku pembuatan biopelet.

Variasi ukuran partikel bambu sebagai bahan baku juga berdampak pada variasi kadar air produk biopelet. Hal ini disebabkan fungsi sel batang bambu dalam mengikat air masih tinggi saat ukuran partikel besar, sehingga untuk mendegradasi fungsi selnya perlu dilakukan penghancuran (*grinding*) menjadi partikel yang lebih kecil. Ukuran partikel memberikan dampak positif terhadap densitas (kerapatan) partikel. Kerapatan pelet yang rendah akan mengakibatkan laju pembakaran semakin cepat, karena semakin besar partikel menimbulkan ukuran ruang kosong semakin besar yang akan diisi oleh udara (Nuriana, Sudarno, & Rokhayat, 2022). Sejalan dengan jenis bambu ampel, apus dan jawa dimana biopelet yang dibuat dari bambu betung (*Dendrocalamus asper*) pada variasi serbuk 80 mesh (3,98%) memiliki kadar air yang lebih tinggi dibanding 100 mesh (2,354%) (Fakhruzy, 2018).

Kadar zat terbang berkisar antara 69,33 – 88,65% yaitu hanya rampal dan ori berukuran 40 mesh, serta Jawa 60 mesh yang lolos SNI. Hasil uji statistik interaksi antar jenis bambu dan ukuran partikel tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal tersebut sejalan dengan jenis bambu Hitam, Kuning, dan Ampel pada kadar zat terbangnya tidak terdapat perbedaan signifikan

Table 1. Hasil uji biopelet 5 jenis bambu berdasarkan standar SNI 8675-2018

Perlakuan (Treatments)	Kadar Air (Moisture Content) (%)	Kadar abu (Ash Content) (%)	Zat Terbang (Volatile Matter) (%)	Karbon Terikat (Fixed Carbon) (%)	Nilai Kalor (Calorific value) (Kal/g)
SNI-8675-2018	≤12	≤5	≤80	≥14	≥3941
Am 40 mesh	11,33 c	0,75 a	86,97	18,36 d	4357 e
Am 60 mesh	10,64 b	2,19 d	87,19	17,61 cd	4453 e
Ap 40 mesh	21,98 g	1,67 b	76,37	15,06 a	4049 de
Ap 60 mesh	11,98 de	2,78 f	85,42	17,63 cd	3785 cd
J 40 mesh	24,14 h	1,77 bc	70,16	14,39 a	3266 a
J 60 mesh	12,08 e	2,09 d	86,05	17,62 cd	3409 ab
O 40 mesh	9,59 a	1,98 cd	73,23	16,57 b	3996 cd
O 60 mesh	11,42 cd	2,53 e	86,1	17,49 bc	8392 f
R 40 mesh	9,82 a	1,81 bc	88,65	18,06 d	3668 bc
R 60 mesh	15,12 f	1,7 b	69,33	17 bc	8102 f
Signifikasi (Significance) (ANOVA)	0,00*	0,00*	0,103 (ns)	0,005*	0,00*

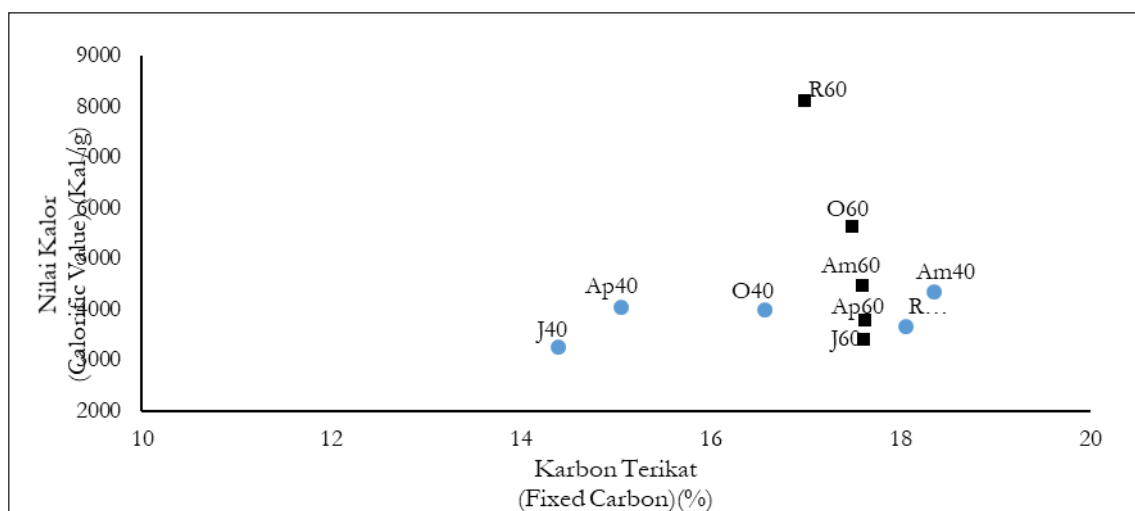
Keterangan (Remarks) (*): hasil ANOVA pengolahan data signifikan (*The result of ANOVA data are significant*), (ns): hasil ANOVA pengolahan data tidak signifikan (*The result of ANOVA data are not significant*); Am: Bambu Ampel.; Ap: Bambu Apus; J: Bambu Jawa.; O: Bambu Ori.; R: Bambu Rampal

dengan bambu Petung (72–75,4%) (Park et al., 2021). Selain itu, studi yang dikemukakan oleh Fakhruzy (2018) memberikan hasil serupa dengan penelitian ini yaitu biopelet bambu Petung tidak memberikan perbedaan nyata pada kadar zat terbang yang memiliki ukuran partikel berbeda antara 80 dan 100 mesh (73,63–73,97%).

Dibandingkan SNI dan penelitian sebelumnya, kadar zat terbang penelitian ini masih relatif tinggi. Kadar zat terbang merupakan indikator jumlah asap yang dihasilkan selama pembakaran biopelet. Semakin tinggi jumlah zat terbang maka semakin banyak asap yang dihasilkan selama pembakaran sehingga efisiensi biopelet menurun (Wahyono, Hadiyanto, Pratiwi & Dianratri, 2021). Tingginya kadar zat terbang dapat disebabkan jumlah komponen kimia penyusun sel dan ekstraktif bambu yang berkontribusi dalam terbentuknya zat terbang tinggi. Kandungan kadar zat menguap yang tinggi didalam briket arang akan menimbulkan asap yang lebih banyak pada saat briket dinyalakan. Hal ini disebabkan oleh adanya reaksi antara karbon monoksida (CO) dengan turunan alkohol (Hendra, 2007). Mauladdini, Syafii, Deded & Nawawi (2022) menjelaskan bahwa kadar ekstraktif merupakan salah sumber terbentuknya zat terbang saat pembakaran biopelet. Upaya yang bisa dilakukan untuk menurunkan kadar zat terbang yaitu dengan pengeringan suhu tinggi

(200–300°C) dengan waktu singkat (torefaksi). Perlakuan tersebut dapat menurunkan kadar zat terbang dan kadar air biomassa pelet dengan efektif (Sha, Ma, Veroniaina, Qi, Qin & Wu, 2021).

Abu merupakan penyebab penyinteran dan pembentukan terak dalam proses pembakaran sehingga menyebabkan turunnya titik pemanasan material (Purbasari et.al., 2016). Hasil kadar abu penelitian ini berkisar antara 0,75 – 2,78% dimana sebagian besar perlakuan telah lolos SNI. Hasil uji statistik interaksi antar jenis bambu dan ukuran partikel menunjukkan perbedaan yang nyata. Jenis bambu apus memiliki kadar abu tertinggi dibanding kelima jenis bambu lain. Kemudian pada semua jenis bambu kadar abu dari ukuran partikel 60 mesh cenderung lebih tinggi dibanding 40 mesh. Tingginya kadar abu biopelet bambu apus diantara jenis bambu lain dapat disebabkan jenis tanah yang menjadi tempat tumbuh sehingga nutrisi yang diserap tanaman pun berbeda. Komponen utama abu terdiri dari kalsium, kalium, silika, dan magnesium (Haygreen & Bowyer, 1996) yang keberadaannya dipengaruhi oleh nutrisi hara. Sejalan dengan hasil penelitian Nafitri & Lukmandaru, (2010) *Gigantochloa sp* memiliki kadar abu yang tinggi (6,7 – 9,03%) karena tanah regosol yang menjadi tempat tumbuh mempunyai kandungan mineral yang tinggi.



Keterangan (Remarks): Am: bambu ampel; Ap: bambu apus; J: bambu jawa; O: bambu ori; R: bambu rampal

Gambar 1. Grafik hubungan antara nilai kalor dan karbon terikat biopelet dari 5 jenis bambu di Malang

Variasi ukuran partikel bambu sebagai bahan baku juga berdampak pada variasi kadar abu produk biopelet. Partikel biomassa lebih besar akan terbakar lebih sempurna karena memiliki kadar zat terbang yang lebih tinggi dan menyisakan abu yang lebih sedikit dibanding partikel yang lebih kecil (Thoyeb et al., 2021). Selain itu, pada penelitian ini jumlah perekat tapioka yang dikonsumsi pelet dengan ukuran partikel 60 mesh lebih banyak dibanding partikel 40 mesh, sehingga berpotensi meningkatkan kadar abu. Wibowo (2022) menjelaskan tingginya kadar abu bisa disebabkan oleh kandungan mineral bahan dan kandungan mineral air dari campuran perekat.

Kadar karbon (*fixed carbon*) merupakan karbon tersisa setelah zat terbang dilepaskan dari proses pembakaran yang salah satu ekspresi reaksinya adalah nilai kalor (Sukarta & Ayuni, 2016). Hasil pengujian menunjukkan terdapat perbedaan sebaran nilai kalor dan karbon terikat dari kelima jenis bambu. Secara umum kadar karbon terikat kelima jenis bambu baik ukuran 40 maupun 60 mesh lolos SNI. Apabila dibandingkan penelitian Sukarta & Ayuni, (2016) tentang pelet kayu dengan nilai kalor sebesar 3.692 cal/g dan karbon terikat sebesar 11,99%, hasil penelitian ini masih relatif tinggi. Namun demikian, untuk parameter nilai kalor jenis bambu jawa, ori dan rampal ukuran 40 mesh tidak lolos SNI. Hasil uji biopelet dari perlakuan jenis bambu ampel, apus dan jawa antara ukuran partikel 40 dan 60 mesh

menunjukkan semakin kecil ukuran partikel, karbon terikat cenderung meningkat dengan nilai kalor relatif sama. Sebaliknya, hasil uji biopelet dari perlakuan jenis rampal dan ori menunjukkan semakin kecil ukuran partikel, maka kadar karbon terikat relatif sama tetapi nilai kalor cenderung meningkat. Kondisi yang terjadi pada jenis bambu ampel, apus dan jawa tersebut dapat disebabkan adanya zat yang tidak mudah terbakar sehingga mempengaruhi nilai kalor. Kandungan lignin yang tinggi dari jenis bambu ampel, apus dan jawa (Gusmailina & Sumadiwanga, 1988) menjadi penyebab ketiganya tidak mudah terbakar. Sifat tahan api dari lignin berkaitan dengan reaktivitas tinggi saat terjadi degradasi oksidasi polimer dan pembentukan residu arang pada temperatur tinggi (Levchik & Weil, 2006). Hasil uji kadar air juga menunjukkan biopelet ketiga jenis bambu tersebut memiliki kadar air lebih tinggi pada ukuran partikel 60 mesh dibanding 40 mesh. Menurut Mauladdini et al. (2022), dominasi gas dan bahan yang tidak mudah terbakar seperti CO₂, H₂O (air) dan abu berdampak pada menurunnya komponen karbon per satuan berat dan nilai kalor.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa upaya perlakuan pengurangan ukuran partikel akan dapat meningkatkan nilai kalor pada bahan bambu jenis rampal dan ori. Sedangkan jenis yang lain dapat mencoba ukuran yang lebih kecil lagi untuk melihat efektifitas pengurangan ukuran partikel. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan

Tabel 2. Hasil uji arang aktif 5 jenis bambu

Sumber Karbon (<i>Carbon Sources</i>)					
Perlakuan rendaman konsentrasi HCl (<i>HCl Soaking Treatment</i>)	Kadar Air (<i>Moisture Content</i>) (%)	Kadar abu (<i>Ash Content</i>) (%)	Zat Terbang (<i>Volatile Matter</i>) (%)	Karbon Terikat (<i>Fixed Carbon</i>) (%)	Daya Serap Iodin (<i>Iodine Absorbance</i>) (mg/g)
SNI 06-3730-1995	≤15	≤10	≤25	≥65	≥750
Am 10%	11,55 ^{ab}	6,92 ^b	23,68	69,4	675,12 ^c
Am 15%	16,75 ^f	6,36	22,16	71,48	706,08 ^e
Ap 10%	11,42 ^a	7,74 ^{ab}	25,41	66,86	691,74 ^d
Ap 15%	15,42 ^e	7,96 ^c	21,27	70,78	785,39 ^h
J 10%	14,72 ^{de}	6,97 ^b	37,12	55,91	465,89 ^a
J 15%	12,83 ^{bc}	8,05 ^c	31,43	60,52	540,57 ^b
O 10%	13,45 ^{cd}	6,71 ^{ab}	26,17	67,12	731,46 ^f
O 15%	12,52 ^{ab}	6,11 ^a	23,32	70,58	756,84 ^g
R 10%	11,12 ^a	6,7 ^{ab}	26,32	66,7	669,54 ^c
R 15%	15,6 ^{ef}	6,54 ^{ab}	21,61	71,86	691,75 ^d
Signifikasi (<i>Significant</i>) (ANOVA)	0,00*	0,00*	0,46 (ns)	0,78 (ns)	0,00*

Keterangan (*): hasil ANOVA pengolahan data signifikan (*The result of ANOVA data are significant*), (ns): hasil ANOVA pengolahan data tidak signifikan (*The result of ANOVA data are not significant*); Am: Bambu Ampel.; Ap: Bambu Apus; J: Bambu Jawa.; O: Bambu Ori.; R: Bambu Rampal

karakteristik energi bahan memengaruhi performa dari biopellet yang dihasilkan.

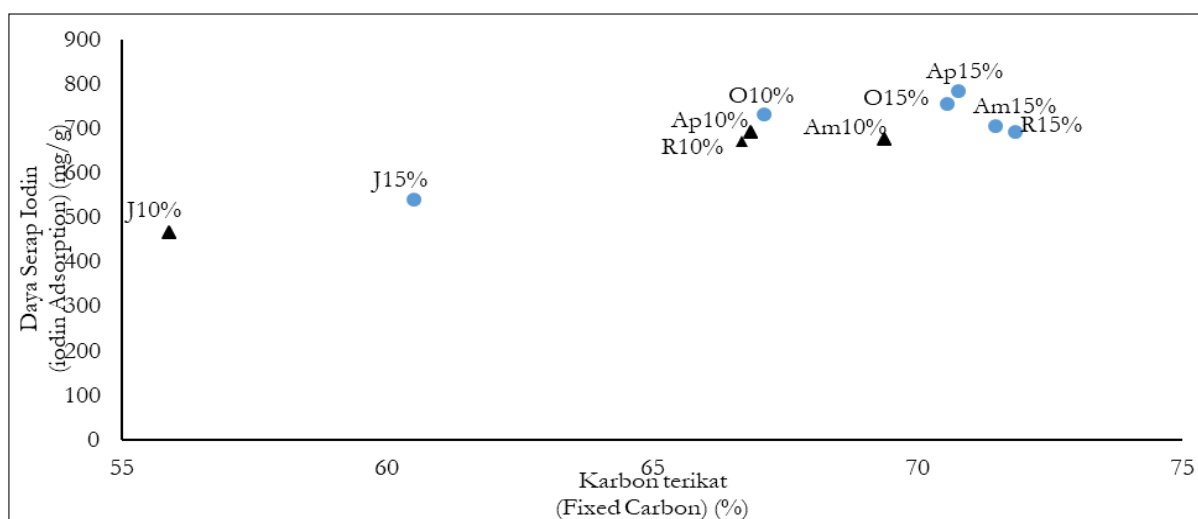
Karbon Aktif

Hasil perlakuan aktivasi yaitu pada konsentrasi partikel 5% dan 10% terlihat pada Tabel 2. Hasil interaksi antara jenis bambu dan konsentrasi HCl menunjukkan perbedaan signifikan pada kadar air, kadar abu, karbon terikat dan daya serap iodin.

Kadar air pada arang aktif menunjukkan efektifitas proses aktivasi pada arang (Laos et al., 2016). Kadar air arang aktif berkisar antara 9,59 – 24,14% dimana sebagian besar perlakuan telah lolos SNI kecuali jenis bambu ampel, apus, dan rampal. Hasil perlakuan konsentrasi aktivator HCl 15% menunjukkan ketiga jenis bambu tersebut memiliki kadar air yang lebih tinggi dibanding konsentrasi HCl 10%. Semakin tinggi konsentrasi aktivator kimia maka semakin rendah kadar air arang aktif (Hendrawan et al., 2017; Sa'diyah & Lusiani, 2022). Suliesyah & Astuti (2021) menjelaskan bahwa kenaikan rasio antara aktivator pada bahan dapat mengikat kadar air sehingga pori-pori karbon aktif semakin besar. Didukung hasil penelitian aktivasi arang aktif bambu petung dengan variasi rasio aktivator kimia H₃PO₄. Hasil rasio 1 bahan : 1 aktivator memiliki kadar air 7% sedangkan rasio 1 bahan : 3 aktivator memiliki kadar air lebih rendah sebesar 6,6%.

Kadar zat terbang arang aktif menunjukkan besaran senyawa non karbon seperti CO₂, CO, CH, dan H yang menutup pori-pori arang sehingga mengurangi luas permukaan arang aktif (Widayanti, 2012). Kadar zat terbang penelitian ini antara 21,27 – 37,12% dimana hanya bambu ampel, apus, ori, dan rampal aktivasi konsentrasi HCl 15% yang lolos SNI namun demikian hasil uji statistik interaksi jenis bambu dan konsentrasi HCl sebagai aktivator tidak berpengaruh nyata. Dibandingkan dengan penelitian Adawi et al. (2021), arang aktif bambu duri yang diaktivasi dengan H₃PO₄ 20% memiliki rentang kadar zat terbang yang lebih tinggi berkisar antara 32,70 – 36,33% dibanding penelitian ini. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi HCl 15% berpotensi menurunkan senyawa non karbon dan memperluas permukaan arang aktif. Sahara et al. (2019) menjelaskan bahwa kenaikan rasio antara aktivator selain mengikat air juga mampu memecah dan berikatan dengan senyawa non karbon/pengotor pada pori arang aktif.

Kadar abu merupakan persentase berat oksida-oksida mineral dalam karbon seperti silikon, sulfur, kalsium, dan komponen lain dalam jumlah kecil. Penentuan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam yang masih terdapat dalam arang aktif (Rahman et al., 2020). Kadar abu penelitian ini berkisar antara 6,36 – 8,05% dimana semua perlakuan



Keterangan: Am: bambu ampel; Ap: bambu apus; J: bambu jawa; O: bambu ori; R: bambu rampal

Gambar 2. Grafik hubungan antara daya serap iodin dan karbon terikat arang aktif dari 5 jenis bambu di Malang

telah lolos SNI. Kadar abu paling rendah adalah arang aktif bambu ori dan tertinggi bambu jawa (Gusmailina & Sumadiwanga, 1988). Hasil uji statistik menunjukkan perbedaan signifikan antara interaksi jenis dan konsentrasi aktivator HCl. Kecenderungan terlihat pada jenis bambu jawa yang memiliki kadar abu yang berbeda signifikan antara konsentrasi aktivator 10% dan 15%, sedangkan jenis lain relatif tidak berbeda. Arang aktif yang diaktivasi dengan HCl akan membentuk agen dehidrasi yang berfungsi membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi. Oleh karena itu, peningkatan kadar abu juga disebabkan adanya aktivitas aktivasi yang intens (Oko et al., 2021).

Karbon terikat merupakan sisa material organik setelah zat terbang dan kadar air dibebaskan dari sampel. Semakin tinggi karbon terikat maka potensi terbentuknya arang aktif dengan daya jerap tinggi juga meningkat (Patmawati, 2021). Hasil karbon terikat penelitian ini berkisar 55,91 – 71,89% dengan arang aktif dari bambu rampal memiliki karbon terikat tertinggi. Dibandingkan dengan penelitian Patmawati (2021) dengan karbon terikat arang aktif batubara (69,47–74,20%) dengan aktivasi HCl, rentang arang aktif penelitian ini masih sedikit dibawahnya.

Daya jerap iodine merupakan daya adsorpsi yang dinyatakan dengan besarnya angka iod yang menunjukkan seberapa besar arang aktif dapat mengadsorpsi iodine (Rahman et al., 2020). Daya jerap iodine penelitian ini berkisar 465,89 – 785,39 mg/g dengan arang aktif dari bambu apus memiliki daya jerap iodine tertinggi. Dibandingkan dengan penelitian Patmawati, (2021) dengan daya jerap iodine arang aktif batubara (660,40 mg/g) dengan aktivasi HCl, rentang arang aktif penelitian ini masih lebih tinggi terutama arang aktif bambu ampel, apus, ori dan rampal.

Hasil pengujian statistik terlihat perbedaan sebaran daya jerap iodine dan karbon terikat dari kelima jenis bambu. Secara umum kadar karbon terikat kelima jenis bambu lolos SNI. Namun demikian untuk parameter daya serap iodine, hanya bambu apus dan ori yang

diaktivasi dengan HCl 15% lolos SNI. Hasil uji carbon aktif dari perlakuan jenis bambu ampel, apus, ori dan rampal antara konsentrasi aktivator HCl 10 dan 15% menunjukkan bahwa karbon terikat dan daya serap iodine cenderung meningkat. Daya adsorpsi sangat bergantung pada kadar karbon terikat dan luas permukaan karbon aktif (Hartanto & Ratnawati, 2010). Hal ini disebabkan mekanisme adsorpsi berkaitan dengan jumlah mikropori pada karbon aktif (Oko et al., 2021). Hasil penelitian menunjukkan perbedaan karakteristik karbon bahan mempengaruhi kemampuan karbon aktif yang dihasilkan. Hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa upaya perlakuan aktivasi kimia dengan HCl dapat meningkatkan daya serap saat menggunakan jenis ampel, apus, ori dan rampal. Sedangkan jenis jawa dapat menambah konsentrasi HCl untuk melihat efektifitas peningkatan daya serap dengan perlakuan aktivasi kimia.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan kelima jenis bambu di Malang Raya memiliki potensi sebagai sumber biopellet dan karbon. Sumber biomassa untuk biopellet yaitu jenis rampal dan ori khususnya untuk ukuran partikel 60 mesh telah memenuhi SNI dan memiliki nilai kalor yang tinggi. Sumber biomassa untuk karbon yaitu jenis ampel, apus, ori dan rampal khususnya untuk perlakuan aktivator kimia HCl 15% dapat meningkatkan daya daya jerap iodine tertinggi mencapai 785,39 mg/g.

Saran

Dibutuhkan studi lebih jauh mengenai praperlakuan untuk lima jenis bambu tersebut, sehingga efisiensi dan manfaat akan maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dekan Fakultas Pertanian-Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang yang telah berkontribusi dalam pembiayaan penelitian melalui program Blockgrant.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain, dan rancangan percobaan dilakukan oleh NNP dan GGP; percobaan dan perlakuan pengujian dilakukan oleh FHM dan GDB; pengumpulan data dan analisis data dilakukan oleh seluruh penulis; penulisan manuskrip, perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh NNP dan GGP.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawi, T. F., Aji, I. M. L., & Rini, D. S. (2021). Pengaruh suhu dan konsentrasi asam fosfat (H_3PO_4) terhadap kualitas arang aktif cabang bambu duri (*Bambusa blumeana* BI. Ex. Schult. F.). *Jurnal Penelitian Kehutanan Faloak*, 5(1), 62–73. <https://doi.org/10.20886/jpkf.2021.5.1.62-73>
- Ahmed, S., Rakib, M., & Hemayet, M. (2021). Effect of total mixed ration based complete pellet feed on the performances of stall fed native sheep. *SAARC Journal of Agriculture*, 18(2), 157–166. <https://doi.org/10.3329/sja.v18i2.51116>
- Alataris, U., Thamrin, E., & Herawatiningsih, R. (2019). Identifikasi jenis bambu (Poaceae) di hutan Tembawang Deret Jat, Desa Peruan dalam Kecamatan Tayan Hulu Kabupaten Sanggau. *Jurnal Hutan Lestari*, 7(1), 32–43. <https://doi.org/10.26418/jhl.v7i1.30995>
- Asmara, A. A. G. P. A., Atmaja, I. W. D., Suwastika, A. A. N. G., & Kesumaderi, A. A. I. (2021). Pengaruh ukuran biochar bambu dan dosis pupuk urea terhadap efisiensi pupuk dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) pada tanah berpasir. *Agrotrop : Journal on Agriculture Science*, 11(2), 157. <https://doi.org/10.24843/ajoas.2021.v11i.102.p05>
- Brunner, I. M. I., Norhidayat, A., & M. Brunner, S. (2021). Pengolahan sampah organik dan limbah biomassa dengan teknologi olah sampah di sumbernya. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(3), 2085–2095. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i3.3120>
- Eskak, E. (2016). Bambu ater (*Gigantochloa Atter*) sebagai bahan substitusi kayu pada ukiran Asmat. *Dinamika Kerajinan dan Batik: Majalah Ilmiah*, 33(1), 55. <https://doi.org/10.22322/dkb.v33i1.1039>
- Fakhruzy. (2018). Biopellet bambu betung (*Dendrocalamus asper*) sebagai sumber energi terbarukan. *Menara Ilmu*, XII(9), 32–39.
- Gusmailina & Sumadiwanga, S. (1988). Analisis kimia sepuluh jenis-bambu dari Jawa Timur. *Forest Product Research Journal*, 5(5), 290–293.
- Hartanto, S., & Ratnawati. (2010). Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa sawit dengan metode aktivasi kimia. *Sains Materi Indonesia*, 12(1), 12–16.
- Haygreen, J. & Bowyer, J. (1996). *Hasil hutan dan ilmu kayu* (A. Sutjipto (ed.)). Gadjah Mada University Press.
- Hendra, D. (2007). Pembuatan briket arang dari campuran kayu, bambu, dan sabut kelapa sebagai sumber energi alternatif. In *Pembuatan Briket Arang dari Campuran kayu, Bambu, Sabut Kelapa, dan Tempurung Kelapa Sebagai Sumber energi Alternatif* (p. 14).
- Hendrawan, Y., Sutan, S. M., & Kreative, R. Y. R. (2017). Pengaruh variasi suhu karbonisasi dan konsentrasi aktivator terhadap karakteristik karbon aktif dari ampas tebu (Bagasse) menggunakan activating agent NaCl. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 5(3), 200–207. <https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/420>
- Illya, G., & Bali, I. (2021). Studi perbandingan sifat mekanik serat bambu. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 5(2), 383. <https://doi.org/10.24912/jmstkik.v5i2.10029>
- Kurniawan, K. E. (2022). *Efek nano karbon dari arang bambu pada unjuk kerja distilasi air energi surya jenis bak*. (Tugas Akhir). Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Laos, L. E., Masturi, M., & Yulianti, I. (2016). Pengaruh suhu aktivasi terhadap daya serap karbon aktif kulit kemiri. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*. Vol V, 135-140. Seminar Nasional Fisika 2016 Prodi Pendidikan Fisika dan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Jakarta. <https://doi.org/10.21009/0305020226>
- Latifah, K., Siswanto, J., Supriyadi, B., & Rochim, A. (2020). Color based segmentation using fuzzy c means for bamboo as environmentally friendly material. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 835(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/835/1/012045>
- Levchik, S. V., & Weil, E. D. (2006). A review of recent progress in phosphorus-based flame retardants. *Journal of Fire Sciences*, 24(5), 345–364. <https://doi.org/10.1177/0734904106068426>
- Mauladdini, R., Syafii, W., Deded, & Nawawi, S. (2022). Pengaruh zat ekstraktif kayu gamal (*Gliricidia Sepium Jacq.*) terhadap nilai kalor 40(2), 125–134. <http://doi.org/10.20886/jphh.2020.40.2.125-134>

- Maulana, M. I., Marwanto, M., Nawawi, D. S., Nikmatin, S., Febrianto, F., & Kim, N. H. (2020). Chemical components content of seven Indonesian bamboo species. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 935(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/935/1/012028>
- Nafitri, M., & Lukmandaru, G. (2010). *Sifat kimia bambu hitam (Gigantochloa sp.) pada perbedaan arah aksial dan ketinggian tempat tumbuh. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (Mapeki) XVI* 318–324.
- Novitasari, P., & Hanifah, F. Y. (2021). Penggunaan adsorben karbon aktif bambu kuning (*Bambusa vulgaris* Var. *Striata*) dan bentonit dalam proses pengolahan limbah cair laboratorium kimia. *Jurnal Pengendalian Pencemaran* 3(02), 40–50. <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jpppl/article/view/1470%0Ahttps://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jpppl/article/download/1470/389>
- Nuriana, W., Sudarno, S., & Rokhayat, T. (2022). Pengaruh variasi ukuran partikel bahan biopellet terhadap laju pembakaran dan kerapatan massa pada limbah kayu mahoni. *Jurnal Agritek : Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta*, 23(1), 11–15. <https://doi.org/10.33319/agtek.v23i1.106>
- Octriviana, R., & Ardiarini, R. (2017). *Observasi plasma nutfah bambu di Kabupaten Malang*. 5(6), 1044–1052.
- Oko, S., Mustafa, Kurniawan, A., & Palulun, E. S. B. (2021). Pengaruh suhu dan konsentrasi aktivator HCl terhadap karakteristik karbon aktif dari ampas kopi. *Jurnal Metana*, 17(1), 15–21.
- Park, S., Lee, M., Febrianto, F., & Wistara, N. J. (2021). Effects on morphology and chemical properties of Indonesian bamboos by carbonization. *Jurnal Sylva Lestari*, 9(2), 190. <https://doi.org/10.23960/jsl29190-201>
- Patmawati, Y. (2021). Effect of activators on chemical activation process of low rank coal of East Kalimantan. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 10 (03), 221-224.
- Rahman, A., Aziz, R., Indrawati, A., & Usman, M. (2020). Pemanfaatan beberapa jenis arang aktif sebagai bahan adsorben logam berat cadmium (Cd) pada tanah sedimen drainase kota Medan sebagai media tanam. *Jurnal Agroteknologi Dan Ilmu Pertanian*, 5(1), 42–54.
- Rohimah, R. S., & Walujudjati, E. (2022). Eksperimen Pelat beton bertulang bambu ampel. *Jurnal Konstruksi*, 20(2), 281–288. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-2.1211>
- Sa'diyah, K., & Lusiani, C. E. (2022). Kualitas karbon aktif kulit pisang kepek menggunakan aktivator kimia dengan variasi konsentrasi dan waktu aktivasi. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v6i1.259>
- Sahara, E., Permatasaari, D. E., & Suarsa, I. W. (2019). Pembuatan dan karakterisasi arang aktif dari batang limbah tanaman gumi tir dengan aktivator ZnCl₂. *Jurnal Kimia*, 13(1), 95. <https://doi.org/10.24843/jchem.2019.v13.i01.p15>
- Sha, K., Ma, Q., Veroniaina, H., Qi, X., Qin, J., & Wu, Z. (2021). Formulation optimization of solid self-microemulsifying pellets for enhanced oral bioavailability of curcumin. *Pharmaceutical Development and Technology*, 26(5), 549–558. <https://doi.org/10.1080/10837450.2021.1899203>
- Standar Nasional Indonesia. (SNI). (1995). *Arang aktif teknis* (SNI 06-3730-1995). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (SNI). (2018). *Pelet biomassa untuk energi*. (SNI 8675-2018). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Stapelton, C., & Widjaja, E. A. (1995). *Plant Resources of South East Asia no. 7 Bamboos*. PROSEA.
- Sujarwanta, A., & Zen, S. (2020). Identifikasi jenis dan potensi bambu (*Bambusa* sp.) sebagai senyawa antimalaria. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 11(2), 131. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v11i2.3423>
- Sukarta, I. N., & Ayuni, P. S. (2016). Analisis proksimat dan nilai kalor pada pellet biosolid yang dikombinasikan dengan biomassa limbah bambu. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 5(1), 728–735. <https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v5i1.8278>
- Suliesyah, S., & Astuti, A. D. (2021). Optimasi aktivator ZnCl₂ dalam pembuatan karbon aktif dari batubara dan pengujian karbon aktif sebagai adsorben. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 6(2), 191–201. <https://doi.org/10.25105/pdk.v6i2.9525>
- Wahyono, Y., Hadiyanto, H., Zuli Pratiwi, W., & Dianratri, I. (2021). “Biopellet” as one of future promising biomass-based renewable energy: a Review. *E3S Web of Conferences*, 317, 04029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131704029>
- Widayanti, I. (2012). Studi daya aktivasi arang sekam padi pada proses adsorpsi logam Cd. *Jurnal Saintek*, 1–7.

