



Produksi Karbon Aktif dari Bambu Menggunakan Rancangan Alat Aktivasi Uap

¹Made Sucipta

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
m.sucipta@unud.ac.id

²Hendra Wijaksana, ³Made Suarda, ⁴I Gusti Komang Dwijana, ⁵Epenetus Rapael, ⁶Dewa Made Antara Putra, ⁷Cokorda Gd Dwipayana, ⁸Cindy Dwi Meylinda, ⁹Amelia Situmorang

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
hendra.wijaksana@unud.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
made.suarda@unud.ac.id

⁴Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
komang.dwijana@unud.ac.id

⁵Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
epenetusrapael@gmail.com

⁶Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
Madeantara01@gmail.com

⁷Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
cokwi30@gmail.com

⁸Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
Cindymey.cm1@gmail.com

⁹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Denpasar, Indonesia
ameliasitumorang@student.unud.ac.id

Abstract— Bambu saat ini banyak digunakan dalam kehidupan manusia dan setelah selesai penggunaannya dapat berpotensi menjadi limbah. Pengolahan limbah bambu tersebut dapat dijadikan karbon aktif. Pembuatan karbon aktif melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Salah satu proses aktivasi yaitu aktivasi fisika. Aktivasi fisika menggunakan uap sebagai pengaktivasi karbon aktif. Untuk aktivasi uap memerlukan desain alat penghasil uap dan wadah tempat berlangsungnya aktivasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat steam activation untuk proses aktivasi karbon aktif. Alat di desain untuk dapat mengatur tekanan boiler, suhu, laju alir massa steam sesuai yang ingin di set. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat bekerja dengan baik dimana dalam prosesnya terjadi pengurangan massa karbonisasi dan aktivasi. Dalam proses aktivasi menggunakan massa 35 g per variasi, dan menghasilkan pengurangan massa terbanyak terjadi pada variasi suhu karbonisasi 725°C dan suhu aktivasi 625°C.

Kata Kunci— Aktivasi uap, bambu, karbonisasi, karbon aktif.

I. PENDAHULUAN

Bambu adalah salah satu tanaman yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan hidup manusia. Bambu digunakan pada konstruksi bangunan, kerajinan, kertas, papan, lantai dan lain-lain. Namun, penggunaan bambu dapat menghasilkan limbah karena bambu memiliki batas umur untuk mempertahankan kualitasnya. Salah satu cara yang ditempuh untuk mengolah limbah bambu ini yaitu dengan diolah menjadi karbon aktif sehingga nilai gunanya dapat ditingkatkan.

Karbon aktif berbahan dasar bambu memiliki karakteristik permukaan dan sifat porositas yang baik sehingga menunjukkan bahwa bambu berpotensi dijadikan bahan baku utama produksi karbon aktif [1]. Karbon aktif dari bambu juga digunakan untuk membuat elektroda superkapasitor [2]. Hasil menunjukkan bahwa kualitas tinggi karbon aktif berbasis bambu berpotensi dimanfaatkan dalam pembuatan elektroda superkapasitor. Yang terbaru, respirator untuk anak didesain dengan mengombinasikan karbon aktif berbasis bambu dengan prefilter N95 dan filter HEPA sebagai sistem filtrasi [3]. Kombinasi dari sistem filtrasi ini dapat menyaring partikel kecil. Bambu tidak hanya berpotensi dijadikan karbon aktif, tetapi juga bisa digunakan sebagai sumber energi untuk aplikasi lainnya [4].

Karbon aktif telah digunakan sebagai adsorben dalam penyimpanan gas alam karena memiliki daya serap yang tinggi. Struktur karbon aktif yang halus dan berpori serta luas permukaan partikel yang sangat besar menghasilkan sifat adsorben yang kuat [5]. Kualitas karbon aktif sangat bergantung pada sifat dan proses pembuatan karbon aktif. Persiapan karbon aktif terdiri dari dua proses, yaitu proses karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi menghilangkan unsur-unsur non-karbon, seperti hidrogen dan oksigen, dalam bentuk gas yang mudah menguap melalui dekomposisi pirolitik yang hanya menghasilkan struktur karbon rudimenter dengan massa tetap. Kemudian dilanjutkan dengan proses aktivasi untuk memperbesar diameter pori dan juga untuk membuat pori baru sehingga meningkatkan sifat adsorpsi arang [6]. Aktivasi pada karbon aktif dapat secara fisika maupun kimia. Untuk aktivasi fisika dapat dilakukan dengan menggunakan uap atau CO_2 sebagai pengaktivasi, namun penggunaan uap dibandingkan CO_2 lebih efektif karena menghasilkan permukaan yang lebih besar [7]. Aktivasi karbon menggunakan *steam* sudah dilakukan [8], namun menggunakan nitrogen dan tetesan air sebagai laju alir uap. Akan tetapi nitrogen dalam hal ini tidak mempengaruhi karakteristik akhir karbon aktif tetapi hanya berfungsi untuk meningkatkan tekanan dan menambahkan laju alir uap.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan alat untuk mengolah limbah bambu menjadi karbon aktif. Alat dirancang untuk mampu melakukan 2 proses yaitu karbonisasi dan aktivasi dengan menggunakan aktivator uap tanpa tambahan bantuan gas lainnya

II. METODE DAN PROSEDUR

A. Diagram Alir Penelitian

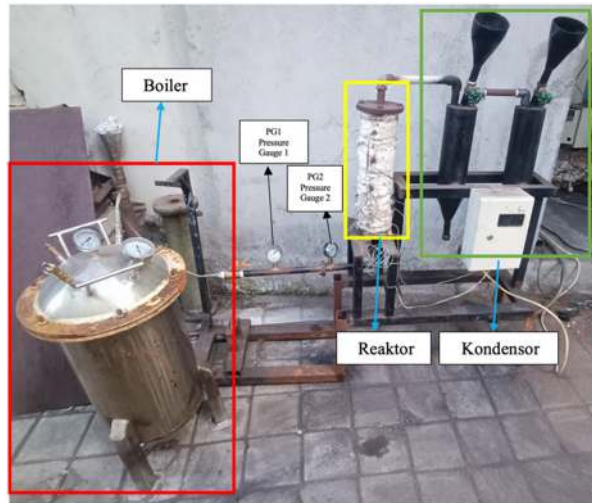
Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



GAMBAR 1. DIAGRAM ALIR PENELITIAN

B. Produksi Karbon Aktif

Alat yang digunakan untuk memproduksi karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 2. Pada sistem alat steam activation, terdapat tiga komponen utama yaitu reaktor, boiler dan kondensor yang berperan penting dalam proses ini. Sebagian besar material penyusun ketiga komponen ini adalah besi. Hal ini dikarenakan besi memiliki sifat mampu menahan panas yang baik untuk keberlangsungan proses steam. Boiler merupakan tempat berlangsungnya pemanasan air untuk menghasilkan uap, sedangkan reaktor sebagai tempat berlangsungnya aktivasi. Reaktor memiliki dimensi tinggi 50 cm dengan diameter 7,62 cm dan terbuat dari pipa black steel. Thermocouple dipasang ke reaktor yang berfungsi mengukur temperatur dari reaktor. Untuk mengatur suhu agar tetap konstan dalam reaktor, digunakan alat Thermocontrol. Reaktor akan mengeluarkan gas yang menuju dua unit kondensor dengan dimensi ketinggian 30 cm dan diameter 10,16 cm. kondensor terisi dengan air setinggi 19 cm yang berfungsi menurunkan suhu pada gas yang dikeluarkan reaktor.



GAMBAR 2. SKEMATIK ALAT PRODUKSI KARBON AKTIF

Dalam penelitian ini, sebanyak 9 jenis karbon aktif dihasilkan dengan memvariasikan temperatur karbonisasi yaitu 525°C, 625°C, 725°C dan temperatur aktivasi yaitu 425°C, 525°C, 625°C. Proses untuk menghasilkan karbon aktif ada 2 yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi.

1. Karbonisasi

Proses karbonisasi dilakukan dengan memotong bambu menjadi bentuk persegi panjang dengan ukuran lebar kurang lebih 1 cm dan panjang 2,5 cm, untuk kemudian dipanaskan di dalam reaktor pada temperatur 525°C, 625°C dan 725°C. Pemanasan tersebut ditahan selama 2 jam untuk masing-masing temperatur. Massa karbon yang diperoleh akan ditimbang dan disimpan pada toples berdasarkan temperature karbonisasi.

2. Aktivasi

Karbon hasil karbonisasi yang disaring dengan mesh 70 dan 230 dimasukkan ke dalam reaktor aktivasi. Setelah itu, air pada boiler dipanaskan untuk menghasilkan uap hingga tekanan dalam boiler mencapai 90 psi. Setelah tekanan mencapai 90 psi, katup laju alir massa uap diatur sampai beda tekanan di PG1 dan PG2 mencapai 2,5 psi sehingga aliran uap menjadi 115 gr/min. Karbon yang terdapat di dalam reaktor diaktivasi dengan pemanasan bertahap, yaitu dengan setiap kenaikan temperatur sebesar 25°C akan ditahan selama 5 menit hingga mencapai suhu 425°C, 525°C dan 625°C dengan dialiri aliran uap. Setelah mencapai temperature tersebut, pemanasan ditahan selama 2 jam.

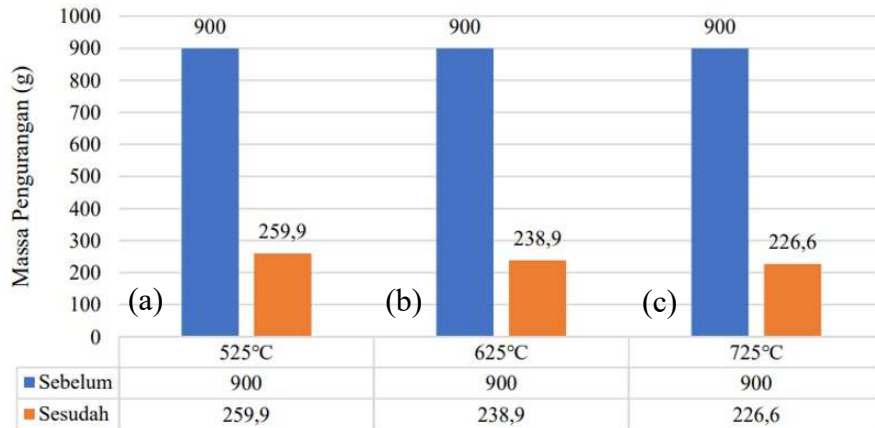
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Kinerja Alat

Pada dasarnya pengujian alat dilakukan untuk memastikan kinerja alat dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Selama proses pengujian, boiler dengan volume air 40 ltr dapat menghasilkan uap dengan laju alir 115 g/min dengan aliran kontinyu. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa terjadi pengurangan massa dalam proses karbonisasi bambu, beserta pada proses aktivasi.

B. Pengurangan Massa Karbonisasi

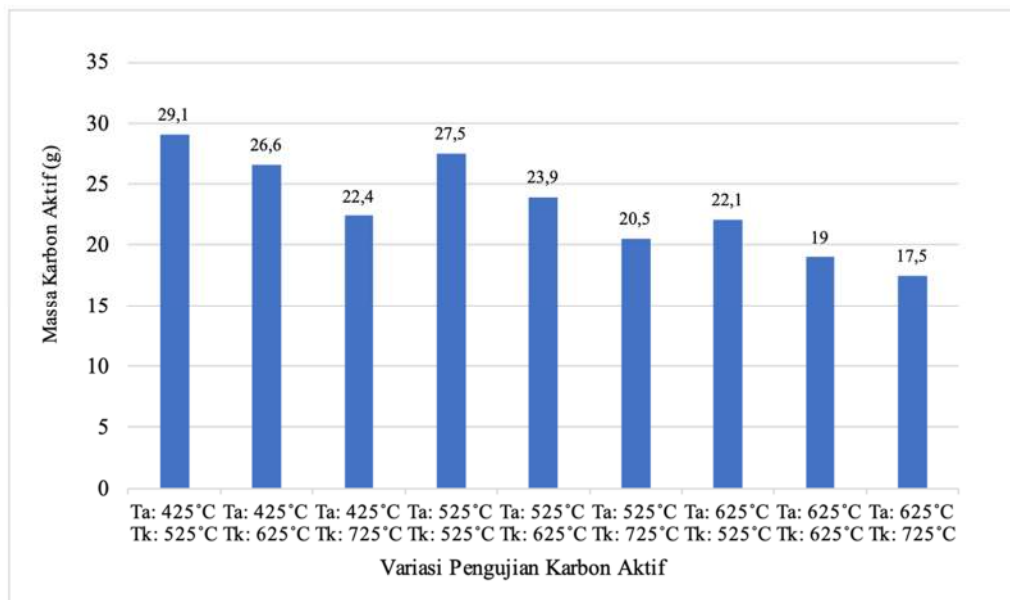
Gambar 3 menunjukkan grafik pengurangan massa karbon setelah proses karbonisasi. Berdasarkan Gambar 3, pengurangan massa karbon tertinggi terjadi pada temperatur 725°C dengan pengurangan massa sebanyak 674,9 g. Sedangkan pengurangan massa karbon terendah terjadi pada temperatur 525°C yaitu 629,3 g. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur karbonisasi, maka banyak massa karbon yang berkurang. Hal ini terjadi karena temperatur yang semakin tinggi membuat zat pengotor dan unsur nonkarbon lebih mudah menguap. Kadar abu juga lebih banyak dihasilkan. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan terjadinya pengurangan massa karbon yang lebih banyak pada temperatur karbonisasi yang semakin tinggi.



GAMBAR 3. PENGURANGAN MASSA SETELAH KARBONISASI TEMPERATUR (A) 525°C, (B) 625°C, DAN (C) 725°C

C. Pengurangan Massa Setelah Aktivasi

Proses aktivasi menggunakan massa 35 g untuk setiap variasi. Pengurangan massa setelah aktivasi ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan grafik tersebut, semakin tinggi suhu karbonisasi maka semakin besar pengurangan massanya. Ini disebabkan karena sampel dengan temperatur karbonisasi yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak zat pengotor seperti abu dan senyawa yang mudah menguap. Zat pengotor ini akan hilang pada saat di aktivasi dan menyisakan karbon aktif yang bersih. Dengan begitu, sampel dengan temperatur karbonisasi tinggi akan lebih ringan.



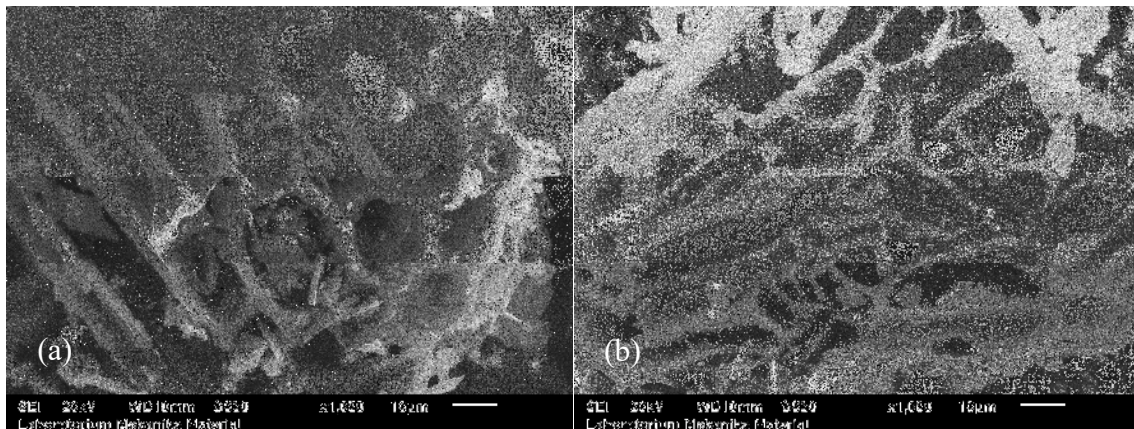
GAMBAR 4. MASSA KARBON AKTIF SETELAH AKTIVASI

Dari grafik diketahui pula semakin tinggi temperatur aktivasi, massa yang berkurang semakin banyak. Hal ini dikarenakan suhu aktivasi yang tinggi memperluas pori yang sudah terbentuk dari proses karbonisasi dan membuat pori baru pada karbon aktif. Pori yang terbentuk akan semakin banyak seiring dengan bertambahnya temperatur aktivasi.

Pengurangan massa juga disebabkan oleh laju alir massa. Aliran uap akan bertindak sebagai penyaring untuk membersihkan karbon dari abu dan senyawa mudah menguap yang menutupi pori-pori karbon. Dengan begitu, luas permukaan karbon akan bertambah dan daya serap menjadi lebih baik. Ketika karbon menerima aliran uap, pori-pori baru terbentuk pada karbon. Bertambahnya pori-pori ini yang mengakibatkan penurunan massa pada karbon aktif.

D. Morfologi Karbon Aktif

Gambar 5 menunjukkan morfologi permukaan karbon aktif setelah proses karbonisasi dan aktivasi masing-masing pada suhu 525°C. Proses karbonisasi menghilangkan elemen non karbon dan membentuk pori-pori mikroskopis awal yang dapat dilihat pada Gambar 5(a). Pori-pori ini menjadi dasar untuk peningkatan porositas selama tahap aktivasi. Setelah proses aktivasi, porositas meningkat dengan dihasilkannya pori-pori yang lebih besar dan lebih banyak. Selain itu, residu yang menutupi karbon aktif pada pori setelah karbonisasi terlihat berkurang pada pori yang dihasilkan setelah aktivasi. Permukaan yang dihasilkan setelah aktivasi distribusi pori yang diperluas sehingga meningkatkan kemampuan penyerapan karbon aktif.



GAMBAR 5. MORFOLOGI SEM KARBON AKTIF: (A) KARBONISASI 525°C, (B) AKTIVASI 525°C

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat aktivasi uap sudah bekerja dengan baik, dibuktikan dengan terjadi pengurangan massa bahan setelah karbonisasi dan pengurangan massa bahan setelah aktivasi. Dalam proses karbonisasi, semakin tinggi suhu yang diberikan, maka semakin tinggi pengurangan massanya. Dalam proses aktivasi, pengurangan massa semakin banyak seiring bertambahnya suhu aktivasi dan suhu karbonisasi yang dilakukan. Struktur pori yang dihasilkan karbon aktif setelah proses aktivasi memiliki residu yang lebih sedikit dan permukaan yang lebih luas dibandingkan pori-pori setelah karbonisasi. Secara keseluruhan, aktivasi meningkatkan kapasitas penyerapan karbon aktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kegiatan penelitian ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Udayana atas pendanaan penelitian skema Penelitian Unggulan Program Studi (PUPS) sesuai dengan kontrak Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian B/1.794/UN14.4.A/PT.01.03/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mahanim, S., Asma, I. W., Rafidah, J., Puad, E., & Shahrudin, H., Production of Activated Carbon from Industrial Bamboo Wastes. *Journal of Tropical Forest Science* (45), 417-424, 2011.
- [2] Tumimomor, F., Maddu, A., & Pari, G., Pemanfaatan Karbon Aktif dari Bambu sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Ilmiah Sains*, 1(17), 74-79, 2017.

- [3] Sucipta, M., Winata, I. M. P. A., Dewi, P. E., Sudarsana, P. B., & Larasati, M. S. P., Development of respirator design for children using bamboo-based activated carbon filter and bipolar ionization. *Alexandria Engineering Journal*, (63), 527–547, 2023.
- [4] Sucipta, M., Negara, D.N.K.P., Nindhia, T.G.T., Surata, I.W., Characteristic of Ampel Bamboo as a Biomass Energy Source Potential in Bali. *Material Science and Engineering*, 201 (1), 012032, 2017.
- [5] Tadda, M. A., Ahsan, A., Shitu, A., Elsergany, M., Arunkumar, T., Jose, B., Abdur Razzaque, M., & Nik Daud, N., A review on activated carbon: process, application and prospects. *Journal of Advanced Civil Engineering Practice and Research*, 1 (2), 7-13, 2016.
- [6] Hu, Z., Srinivasan, M. P., & Ni, Y., Novel activation process for preparing highly microporous and mesoporous activated carbons. *Carbon*, 39(6), 877-886, 2001
- [7] Lubis, R. A. F., Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indonesian Journal of Chemical*, Volume 03. no 2, pp. 67-73, 2020.
- [8] Wibawa, I. M. S., “Pembuatan Karbon Aktif Dengan Sistem Steam Activation Untuk Penyimpanan Biogas Dengan Variasi Diameter Karbon Aktif”, Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali. 2022.