

Studi Eksperimental Karakteristik Sifat Mampu Basah Material Karbon Aktif Bambu Betung Sebagai Material Pad Sistem *Direct Evaporative Cooling*

Roy Kinalsalsal Ginting, Hendra Wijaksana dan Ketut Astawa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sistem pendingin berbasis air conditioning merupakan salah satu penyumbang pemanasan global terbesar. Dimana sistem ini membutuhkan energi yang besar dan membutuhkan freon (R-22) sebagai *refrigerant* yang merupakan salah satu penyebab kerusakan terhadap lapisan ozon. Berdasarkan hal tersebut, dibutuhkan sistem pendingin yang hemat energi dan ramah terhadap lingkungan. Salah satunya adalah sistem *direct evaporatif cooling*. Dimana pada sistem ini hanya membutuhkan dua energi alam sebagai penggerakannya, yaitu udara dan air. Sistem ini memanfaatkan proses penguapan air pada permukaan material pad yang akan memberikan efek pendinginan pada udara supply (udara yang akan didinginkan/udara luar). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sifat mampu basah dari karbon aktif bambu betung sebagai material pad *sistem direct evaporatif cooling*. Temperatur karbonisasi yang akan digunakan 500° C, 600°C, 700°C, dan 800°C. Temperatur aktivasi ditetapkan 600°C dengan *holding time* 60 menit. Dari penelitian ini didapatkan hasil spesimen ACRB 500 HT60 memiliki sifat mampu basah tertinggi dengan sudut kontak 20,195° dan ACRB 600 HT60 memiliki sifat mampu basah terendah dengan sudut kontak 30,972°

Kata Kunci: Karbonisasi, Aktivas, Bambu Betung, Material, Sifat Mampu Basah, Wettability, Sudut Kontak.

Abstract

Cooling system Air Conditioning (AC) Compressor-based is one of the biggest contributors to global warming at this time. Where this system requires a large amount of energi in its use and requires freon (R-22) as refrigerant which is one of the causes of damage to the ozone layer. Based on this, a cooling system that is energi efficient and friendly to the environment is needed. One of them is the system direct evaporative cooling. Where in this system only requires two natural energies as the driving force, namely air and water. This system utilizes the process of evaporation of water on the surface of the pad material which will provide a cooling effect on the supply air (air to be cooled/outside air). This research was conducted to analyze the wettability of bamboo betung activated carbon as a material for direct evaporative cooling system. The carbonization temperatures to be used are 500°C, 600°C, 700°C, and 800°C. The activation temperature used is 600° C with a holding time of 60 minutes. From this study, the results of specimens ACRB 500 HT60 has the highest wet formability with contact angle 20,195° and ACRB 600 HT60 has properties capable lowest wet withcontact angle 30.972°

Keywords: Carbonization, Activation, Bamboo Betung, Materials, Wettability, Contact Angle.

1. Pendahuluan

Meluasnya penggunaan sistim *air conditioning* (AC) yang berbasis kompresor memberikan dampak besar terhadap krisis energi berbasis bahan bakar fosil. Hal ini disebabkan oleh sistim AC yang diperkirakan mengkonsumsi energi listrik hampir 60% dari total energi listrik yang tersedia pada bangunan-bangunan besar, yang pertumbuhannya juga sangat pesat karena adanya penambahan penduduk dunia [1].

Disamping itu, penggunaan *refrigerant* pada sistim AC memberikan dampak buruk pada lingkungan, yang ditandai dengan meningkatnya pemanasan global. Sebagai salah satu solusi untuk mengurangi dampak krisis energi dan lingkungan dari penggunaan sistim AC tersebut, maka diperlukan sistim pendingin yang hemat energi dan ramah terhadap lingkungan. Salah satu dari sistim pendingin alternative tersebut adalah sistim pendinginan evaporative. Sehubungan dengan hal

tersebut diatas, saat ini banyak dikembangkan sistim pendingin yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Salah satu sistim hemat energi tersebut adalah sistim pendingin evaporative, yang hanya membutuhkan air dan udara sebagai energi penggerak sistim.

Sistim *direct evaporative cooling* merupakan salah satu sistim pendingin evaporative yang memanfaatkan panas laten penguapan untuk memberikan efek pendinginan. Pada sistim ini, panas sensible yang ditransfer oleh udara luar, akan diterima sebagai panas laten oleh lapisan air yang ada pada permukaan *cooling pad*, yakni digunakan untuk proses penguapan air pada permukaan *cooling pad* dan akan memberikan efek pendinginan pada udara supply (udara yang akan didinginkan/udara luar).

Beberapa peneliti telah mempelajari sistim *direct evaporative cooling* dengan penggunaan beragam material pad diantaranya serabut kelapa, *pumice*

stones, coir fibre, fine fabric, polyvinyl chloride dan lain lain, semua material tersebut diatas baik yang alami maupun sintesis adalah material berpori (*porous material*), yang memiliki kemampuan serap dan tampung air yang cukup, sehingga proses evaporasi dapat berlangsung pada permukaan basah material tersebut.

Namun, belum banyak laporan penelitian yang secara spesifik mempelajari karakteristik sifat mampu basah pada material karbon aktif betung bamboo sebagai material pad sistim *direct evaporative cooling*. Dimana sifat mampu basah sangat diperlukan untuk menjamin ketersediaan air pada material pad [2].

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur karbonisasi karbon terhadap sifat mampu basah material, menganalisa pengaruh stuktur pori terhadap sifat mampu basah material dan mengidentifikasi material yang mempunyai sifat mampu basah yang paling tinggi diantara empat spesimen yang akan diuji.

2. Dasar Teori

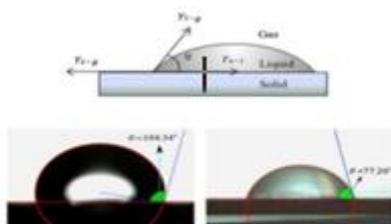
2.1. Karbon Aktif

Bambu akan dipilih sebagai material pad pada penelitian ini dibandingkan dengan kayu.. Hal ini didasarkan karena karbon aktif bambu memiliki nilai absorbtivitas yang lebih tinggi dibandingkan karbon aktif kayu. Bambu akan melalui proses karbonisasi dan aktivasi untuk menjadi karbon aktif.

Karbonisasi merupakan proses pirolisis material organik dalam kondisi bebas oksigen (*inert atmosphere*) yang akan menghasilkan residu solid yang mengandung elemen karbon yang tinggi. proses karbonisasi bertujuan untuk memperkaya kandungan karbon dan menghasilkan porositas awal material [3].

2.2. Sifat Mampu Basah (*wettability*)

Sifat mampu basah (*wettability*) adalah kemampuan suatu fluida untuk membasahi permukaan zat padat. Dimana sifat mampu basah ditentukan oleh sudut kontak. Apabila sudut kontak material semakin kecil maka semakin tinggi sifat mampu basahnya dan apabila sudut kontak material semakin besar maka semakin rendah sifat mampu basahnya [4].



Gambar 1. Sudut Kontak Cairan Dan Zat Padat (Xu et.al.,2013)

$$\cos\theta = \frac{\gamma_{sg}-\gamma_{ls}}{\gamma_{lg}} \quad (1)$$

Sudut kontak dibentuk oleh permukaan padat dan garis singgung permukaan atas dari *droplet* (tetesan fluida). Sudut kontak merupakan hasil dari tegangan- tegangan permukaan zat gas, cair dan padat. Perhitungan sudut kontak dapat dilakukan dengan menggunakan perumusan seperti pada Gambar 2.5.

Dimana γ_{sg} , γ_{ls} , γ_{lg} masing-masing adalah tegangan permukaan padat-gas, tegangan permukaan cair-padat, dan tegangan permukaan cair-gas, seperti pada Gambar 1.

3. Metode Penelitian

3.1 Pembuatan Karbon Aktif

Bambu akan diterapkan proses karbonisasi dan aktivasi. Dimana bambu akan dilapisi dengan aluminium foil dan di inject nitrogen agar kondisi inert atmosphere, kemudian material akan dimasukan kecawan. Setelah itu cawan yang berisi material akan dimasukan ke dalam furnache yang akan diatur temperturnya sesuai dengan yang ditetapkan. Setelah mencapai temperatur yang diinginkan, maka furnache dimatikan dan material didinginkan selama 12 jam. Adapun hasil dari karbonisasi ini adalah berupa arang.

Setelah menjadi arang, material akan melalui proses aktivasi. Dimana proses aktivasi mempunyai prosedur yang sama. Tetapi pada saat temperatur mencapai suhu yang ditetapkan maka, temperatur ditahan selama 60 menit. Setelah itu material didiamkan selama 12 jam. Adapun hasil dari proses aktivasi berupa karbon aktif.

3.1 Pengujian Sudut Kontak

Pengujian sudut kontak menggunakan peralatan pengujian seperti Gambar 2.



Gambar 2. Alat Uji Sifat Mampu Basah

Spesimen akan diletakan dibawah syring pump, dimana akan direkam oleh HSVC (*High Speed Video Camera*) pada saat aquades ditetaskan. Hasil dari HVCS akan diubah menjadi gambar. Gambar yang terpilih akan digunakan untuk mencari sudut kontak yang akan dianalisis menggunakan aplikasi *ImageJ*. Sehingga akan didapat sudut kontak yang dimana menentukan sifat mampu basah dari material.

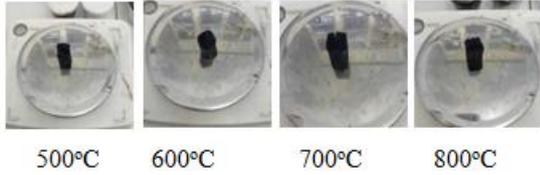
3.3 Uji Sem

Nilai jari-jari pori akan didapatkan melalui uji SEM (*Scanning ElectronMicroscope*) berupa gambar dan akan diolah menggunakan aplikasi *ImageJ* sehingga mendapatkan struktur pori.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Karbonisasi

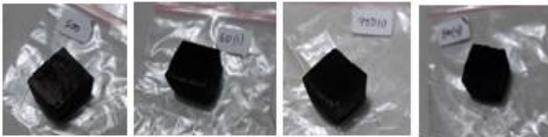
Adapun hasil dari karbonisasi adalah sebagai berikut



500°C 600°C 700°C 800°C
:Gambar 3. Karbon Bambu Betung Hasil Karbonisasi

4.2 Aktivasi

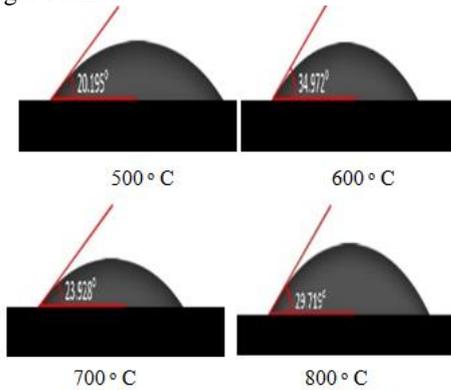
Adapun hasil dari aktivasi adalah sebagai berikut



Gambar 4 . Karbon Aktif Bambu Betung Hasil Proses Aktivasi

4.3 Sudut kontak

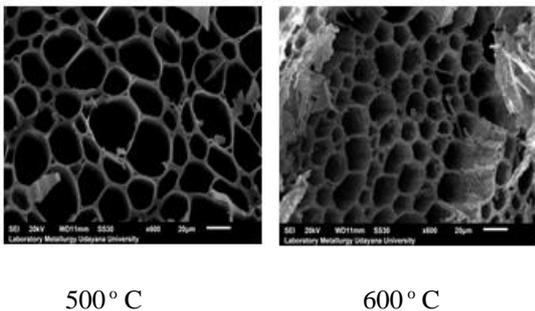
Adapun hasil dari uji sudut kontak adalah sebagai berikut:



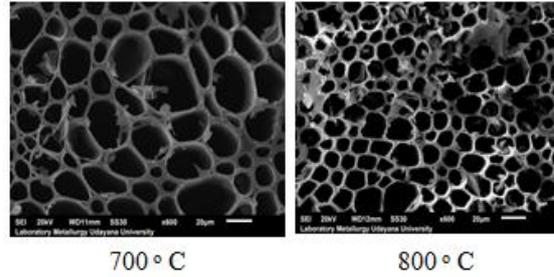
Gambar 5. Sudut Kontak Karbon Aktif Bambu Betung

4.4 Uji SEM

Adapun hasil gambar dari uji SEM adalah sebagai berikut:



500°C 600°C

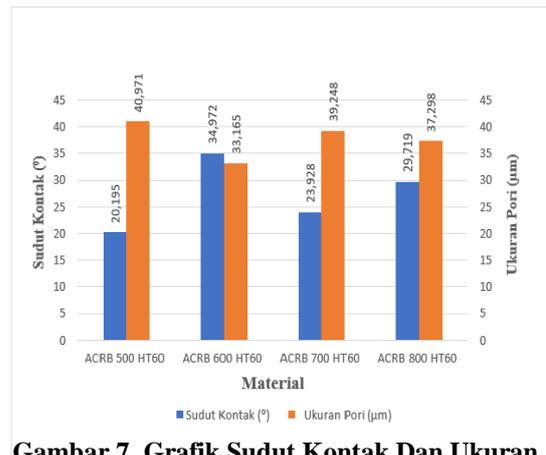


Gambar 6. Struktur Pori Karbon Aktif Bambu Betung Hasil Uji SEM

Kemudian gambar hasil dari uji SEM diolah menggunakan aplikasi ImageJ sehingga didapat ukuran pori seperti berikut:

Tabel 1. Data Ukuran Jari Jari Pori Karbon Aktif Bambu Betung

Nama Spesimen	Jari-jari pori (µm)	Jari-jari pori (m)
ACRB 500 HT60	40,971	40,971 x 10 ⁻⁶
ACRB 600 HT60	33,165	33,165 x 10 ⁻⁶
ACRB 700 HT60	39,248	39,248 x 10 ⁻⁶
ACRB 800 HT60	37,298	37,298 x 10 ⁻⁶



Gambar 7. Grafik Sudut Kontak Dan Ukuran Pori

Dari gambar 6 dapat kita lihat bahwa semakin besar ukuran pori material karbon aktif maka sudut kontakannya semakin kecil dan sebaliknya semakin kecil ukuran pori material maka semakin besar sudut kontakannya. Yang berarti ukuran pori sangat berpengaruh terhadap sudut kontak material, dimana semakin kecil sudut kontakannya semakin tinggi sifat mampu basah material.

Berdasarkan gambar 6 material yang mempunyai sifat mampu basah yang tertinggi merupakan ACRB 500 HT60 karena memiliki sudut kontak yang terkecil yaitu 20,195⁰ . Sedangkan material ACRB 600 HT60 memiliki sifat mampu basah terendah karena memiliki sudut kontak tertinggi yaitu 34,972⁰ . Sehingga material

ACRB 500 HT60 berpotensi untuk menjadi material pad pada sistem *direct evaporative cooling*.

5. Kesimpulan

Dari penelitian ini mengenai “Studi Eksperimental Karakteristik Sifat Mampu Basah Material Karbon Aktif Bambu Betung Dengan *Holding time 60 Menit Sebagai Material Pad Sistim Direct Evaporative Cooling*” dapat disimpulkan bahwa material karbon aktif yang memiliki sifat mampu basah terbaik diantara 4 material yang di uji adalah ACRB 500 HT60 dengan sudut kontak $20,195^{\circ}$. Sedangkan sifat mampu terendah adalah material ACRB 600 HT60 dengan sudut kontak $30,972^{\circ}$. Sehingga material ACRB 500 HT60 berpotensi untuk digunakan sebagai material pad *direct evaporative cooling*.

Temperatur karbonisasi dan aktivasi *holding time* tidak selalu mentukan apakah bila semakin tinggi temperatur karbonisasi atau aktivasinya maka semakin tinggi sifat mampu basahnya. Tetapi ukuran pori sangat berpengaruh terhadap sifat mampu basah material. Dimana semakin besar ukuran pori material maka semakin kecil sudut kontakannya. Karena sudut kontak yang semakin kecil memiliki sifat mampu basah yang semakin tinggi juga.

Daftar Pustaka

- [1] Tiyono, 2017, *Perbedaan Konsumsi Energi Listrik antara Media Pendingin Freon R22 dan Smart-trik Pada Sistem Tata Udara AC*, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- [2] Ra Wangkul R, Kheda ri J, Hirunla J, Zeghmati B., 2008, *Performance Analysis Of A New Sustainable Evaporative Cooling Pad Made From Coconut Coir*, Int J Susta in Eng. 1(2):117–131.
- [3] Khuluk, Rifki Husnul, 2016, *Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa (Cocous Nucifera L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru*, Bandar Lampung: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
- [4] Shira zy M.R, Bla is S., Fréchette,L,G., 2012, *Mechanism Of Wettability Transition In Copper Metal Foams: From Superhydrophilic To Hydrophobic*, Applied Surface Science, 258, 6416-6424.



Roy Kinalsal Ginting melakukan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana tahun 2014 dan menyelesaikan studi pada tahun 2021

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berhubungan tentang pendingin evaporative.