

Pengaruh Temperatur Karbonisasi Bambu Betung Terhadap *Wettability* Dan Kekasaran Permukaan Material

Wildan Akhsan, I Wayan Bandem Adnyana, Hendra Wijaksana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Indonesia adalah negara yang memiliki suhu iklim tropis, suhu udara pada iklim tropis memiliki rata-rata $30^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ dengan tingkat kelembaban udara rata-rata 70% - 80%. Dibutuhkan 60% konsumsi listrik yang setiap harinya untuk mendapatkan standar kenyamanan udara yang diperlukan pada temperatur udara $22^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ dan tingkat kelembaban relatif 40% - 60% digunakan sistem pendingin AC. Akan tetapi dampak penggunaan refrigerant pada sistem pendingin AC dapat menimbulkan lingkungan yang kurang baik dan juga dapat memicu terjadinya pemanasan global semakin tinggi. Sehubungan dengan hal tersebut, saat ini mulai dikembangkan sistem pendingin yang lebih hemat energi dan ramah terhadap lingkungan yaitu sistem *direct evaporative cooling* yang memanfaatkan panas sensibel udara luar untuk menguapkan lapisan air yang terdapat pada material pad yang basah yang dapat digunakan di ruangan terbuka seperti balai adat bali, lobby hotel, restaurant dengan konsep terbuka, dan dapat digunakan sebagai pendingin kandang ayam serta untuk mempertahankan kesegaran buah dan sayuran segar hasil pertanian. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis *wettability* dan kekasaran permukaan material dari arang bambu betung sebagai material pad pada sistem *direct evaporative cooling*. Digunakan temperatur karbonisasi 500°C , 600°C , 700°C , dan 800°C . Dan didapatkan hasil dengan semakin meningkatnya temperatur karbonisasi bambu betung akan semakin rendah *wettability* dan kekasaran permukaan dari material karbonisasi bambu betung tersebut.

Kata Kunci: Temperatur, Karbonisasi, Bambu Betung, Material, *Wettability*, Kekasaran Permukaan, Sudut Kontak

Abstract

Indonesia is a country that has a tropical climate, the temperature in a tropical climate has an average of $30^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ with an average humidity level of 70% - 80%. It takes 60% of electricity consumption every day to get the required standard of air comfort at an air temperature of $22^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity level of 40% - 60% using an air conditioning system. However, the impact of the use of refrigerants on the AC cooling system can cause an unfavorable environment and can also trigger global warming to increase. In connection with this, a cooling system that is more energy efficient and friendly to the environment has begun to be developed, namely a *direct evaporative cooling* system that utilizes the sensible heat of the outside air to evaporate the water layer contained in the wet pad material which can be used in open spaces such as the traditional hall. bali, hotel lobby, restaurant with an open concept, and can be used as a cooler for chicken coops and to maintain the freshness of fresh agricultural fruit and vegetables. This research was conducted to analyze the *wettability* and surface roughness of Betung bamboo charcoal as a pad material in a *direct evaporative* system. cooling. Carbonization temperatures of 500°C , 600°C , 700°C , and 800°C are used. And the results obtained by increasing the carbonization temperature of the bamboo betung, the lower the *wettability* and surface roughness of the bamboo betung carbonization material.

Keywords: Temperature, Carbonization, Betung Bamboo, Material, *Wettability*, Surface Roughness, Contact Angle.

1. Pendahuluan

Negara Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki suhu iklim tropis, suhu udara pada iklim tropis memiliki rata-rata $30^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ dengan tingkat kelembaban udara rata-rata 70% - 80% [1]. Sehubungan dengan hal tersebut, saat ini mulai dikembangkan sistem pendingin yang lebih hemat energi dan ramah terhadap lingkungan yang cocok digunakan di ruangan terbuka seperti balai adat bali, lobby hotel, restaurant dengan konsep terbuka, dan dapat digunakan pendingin kandang ayam serta untuk mempertahankan kesegaran buah dan sayuran segar hasil pertanian. Sistem pendingin yang sedang dikembangkan adalah sistem *direct evaporative cooling* yang memanfaatkan panas sensibel udara luar untuk menguapkan lapisan air yang terdapat pada pad material yang basah dan menggunakan proses penguapan, dimana proses ini akan

menghasilkan udara dingin karena sebagian besar panas sensibelnya telah digunakan dalam proses evaporasi tersebut. Komponen yang paling penting pada sistem *direct evaporative cooling* adalah cooling pad, dimana pada cooling pad adalah proses terjadinya penguapan lapisan air oleh panas udara. Material yang paling sering digunakan pada sistem *direct evaporative cooling* adalah material yang berpori, seperti misalnya palash fiber, aspen material, charcoal, khus, serabut kelapa dan lain-lain yang memiliki fungsi menyerap dan menampung air dalam jumlah yang cukup pada cooling pad sebagai bentuk ketersediaan air dalam proses evaporasi pada permukaan material cooling pad [2]. Dalam hal ini permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

Bagaimana pengaruh temperatur karbonisasi bambu betung terhadap *wettability* dan kekasaran permukaan material sebagai *material pad*?

Beberapa batasan yang di tetapkan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Material yang digunakan adalah bambu betung lokal dari Baturiti, Tabanan, Bali (*Dendrocalamus Asper*).
2. Temperatur karbonisasi yang ditetapkan 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C.
3. Proses karbonisasi dilakukan pada temperatur ruangan (*indoor*)
4. Karbonisasi dalam lingkungan bebas oksigen (*inert atmosphere*)
5. Pengujian yang dilakukan meliputi proses karbonisasi dan pengujian sudut kontak.

2. Dasar Teori

Dalam penelitian ini akan lebih dipilih bambu sebagai bahan dasar *material pad* dibandingkan kayu. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa arang bambu aktif memiliki karakteristik adsorbsivitas dan absorpsivitas yang lebih baik dari arang aktif kayu. Arang aktif bambu memiliki adsorbsivitas yang jauh lebih tinggi dari arang aktif kayu karena arang aktif bambu memiliki area permukaan spesifik sekitar 150-400 m²/g, yang hampir 2-3 kali lebih besar dari arang aktif kayu, sehingga dapat digunakan dalam skala yang lebih luas untuk berbagai aplikasi purifikasi, absorpsi, seperti misalnya purifikasi air minum, saringan udara, masker gas, matras dan bantal dan atau untuk penggunaan dalam industri purifikasi [3].

Karbonisasi adalah proses penguraian material yang memiliki struktur karbon yang kompleks seperti kayu, sisa-sisa hasil pertanian melalui pemanasan, yang akan menghasilkan elemen karbon dan senyawa kimia yang masih mengandung karbon dalam struktur kimianya.

Sifat mampu basah (*wettability*) adalah kemampuan suatu fluida untuk membasahi permukaan zat padat, dan *wettability* sangat mempengaruhi kapilaritas dari suatu material. Untuk dapat memiliki kapilaritas, suatu material harus memiliki sifat mampu basah sebagai syarat utamanya. *Wettability* material dipengaruhi oleh sudut kontak, dijelaskan bahwa makin kecil sudut kontak yang terbentuk antara fluida dan material padat, maka material tersebut akan memiliki *wettability* yang makin besar dan sebaliknya *wettability* dan kapilaritas material akan menurun dengan bertambah besarnya sudut kontak [4]. *Wettability* pada permukaan meningkat dengan meningkatnya kekasaran, kenaikan kekasaran akan membuat permukaan hidrofilik semakin hidrofilik dan hidrofobik lebih hidrofobik [5].

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan bahan dan alat meliputi:

1. Bambu betung (*Dendrocalamus Asper*)
2. Reaktor pyrolysis
3. Timbangan

4. Oven
5. Pisau
6. Gergaji
7. Nitrogen
8. Image J
9. Lampu
10. Syringe pump
11. Sample holder
12. Kamera



Gambar 1. Peralatan Proses Karbonisasi



Gambar 2. Peralatan Pengujian Sudut Kontak

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil dan Perhitungan Proses Moisture

1. Kadar kering sampel CRBT1 karbonisasi 500°C.

$$Wbb(\%) = \frac{8,38gr}{(11,48+8,38)gr} \times 100\% = 42,2\%$$

2. Kadar kering sampel CRBT2 karbonisasi 600°C

$$Wbb(\%) = \frac{8,42gr}{(11,8+8,42)gr} \times 100\% = 41,64\%$$

3. Kadar kering sampel CRBT3 karbonisasi 700°C

$$Wbb(\%) = \frac{8,58gr}{(11,74+8,58)gr} \times 100\% = 42,22\%$$

4. Kadar kering sampel CRBT4 karbonisasi 800°C

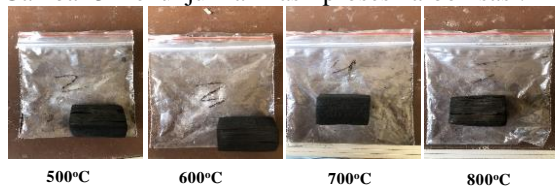
$$Wbb(\%) = \frac{7,62gr}{(10,28+7,62)gr} \times 100\% = 42,57\%$$

5. Rata-rata kadar kering pada setiap sampel bambu betung

$$Wbb(\%) = \frac{(42,2+41,64+42,22+42,57)}{4} = 42,16\%$$

4.2. Proses Karbonisasi

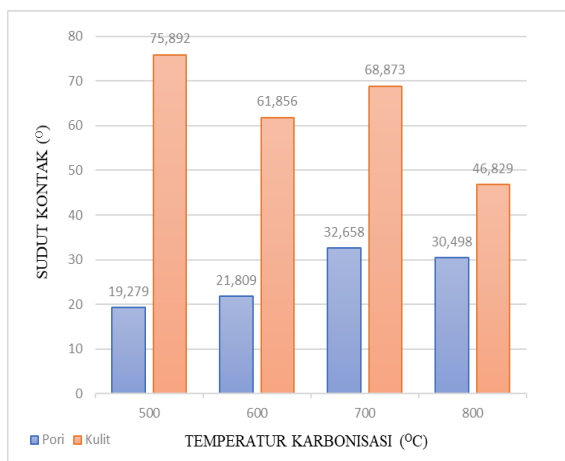
Proses karbonisasi yang dilakukan pada bambu betung meliputi temperatur: 500°C, 600°C, 700°C, 800°C tanpa *holding time* dengan dimensi spesimen berukuran 2,5cm x 1,7 cm x 3,1 cm. Gambar 3 menunjukkan hasil proses karbonisasi:



Gambar 3. Bambu Betung Hasil Karbonisasi

4.3. Pengujian Sudut Kontak

Pengujian sudut kontak adalah pengujian yang dimaksudkan untuk menganalisis daya serap material terhadap suatu fluida yang menyentuh material tersebut. Sudut kontak dapat diketahui melalui analisis video *slow motion* droplet (tetesan air) pada permukaan pori dan kulit pada arang bambu betung menggunakan aplikasi *free studio* yang selanjutnya gambar tersebut di analisis menggunakan aplikasi Image J.



Gambar 4. Hasil Data Sudut Kontak

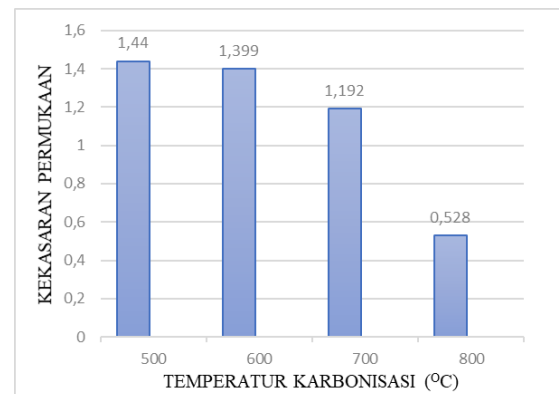
Gambar 4 menunjukkan hasil data sudut kontak dari setiap spesimen karbonisasi bambu betung yang diujikan, dimana semakin meningkatnya temperatur karbonisasi akan cenderung semakin tinggi sudut kontak nya pada bagian pori dan semakin meningkatnya temperatur karbonisasi akan cenderung semakin rendah pada bagian kulitnya. Semua spesimen yang diujikan memiliki sifat hidrofilik karna sudut kontaknya lebih kecil dari 90° yang berarti senang terhadap air.

4.4. Kekasaran Permukaan Material

Kekasaran permukaan material adalah salah satu sifat mekanik dari suatu material, Kekasaran permukaan material dipengaruhi oleh sudut kontak, luas permukaan, jari-jari droplet, dan tinggi droplet.

Untuk mengetahui dan menganalisis luas permukaan, jari-jari droplet, dan tinggi droplet

digunakan juga aplikasi Image J. selanjutnya dilakukan perhitungan dengan mencari luas area yang bersentuhan dengan cairan dan luas area yang bersentuhan dengan udara dengan menggunakan rumus luas lingkaran dan keliling setengah bola, dan dilakukan perhitungan f_1 dan f_2 sehingga didapatkan kekasaran permukaan materialnya sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Kekasaran Permukaan

Dari gambar 5 didapatkan data semakin tinggi temperatur karbonisasi semakin kecil nilai kekasaran permukaan materialnya, ini berhubungan dengan hasil *wettability* jika semakin tinggi *wettability* material maka akan semakin tinggi kekasaran permukaan materialnya begitu juga sebaliknya, karena droplet air dapat terserap dengan baik atau tidak bergantung pada kekasaran permukaan material tersebut.

5. Kesimpulan

Semakin meningkatnya temperatur karbonisasi bambu betung pada bagian porinya maka sudut kontak yang dihasilkan cenderung semakin meningkat dan *wettability* material tersebut akan semakin rendah begitu juga dengan meningkatnya temperatur karbonisasi akan semakin rendah kekasaran permukaan materialnya. Akan tetapi berbeda dengan bagian kulit spesimen, semakin meningkatnya temperatur karbonisasi bambu betung maka semakin kecil sudut kontak yang dihasilkan dengan begitu *wettability* material tersebut akan semakin tinggi begitu juga dengan meningkatnya temperatur karbonisasi nilai kekasaran permukaannya akan semakin tinggi. Dapat disimpulkan semakin tinggi *wettability* material akan semakin tinggi juga kekasaran permukaan material tersebut, dimana kekasaran permukaan material berpengaruh terhadap sifat *wettability* nya, material yang sifatnya hidrofilik akan semakin hidrofilik dan yang hidrofobik akan semakin hidrofobik. Hal tersebut juga berpengaruh terhadap spesimen yang memiliki sifat *wettability* yang rendah dimana nilai kekasaran permukaan pada spesimen tersebut akan semakin rendah.

Berdasarkan karakteristik dan hasil pengambilan data diatas, maka dapat disimpulkan bahwa spesimen CRBT1 dengan temperatur karbonisasi 500°C

memiliki potensi yang sangat besar untuk dijadikan *material pad* baru pada sistem *direct evaporative cooling* karena memiliki sudut kontak yang nilainya paling kecil pada bagian pori sesuai dengan laju aliran fluida dan juga nilai dari kekasaran permukaan material yang paling besar diantara spesimen diujikan.

Daftar Pustaka

- [1] ASHRAE, 1989, *ANSI/ASHRAE Standard 62-1989, Ventilation For Acceptable Indoor Air Quality*, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- [2] Rawangkul, R, Khedari, J, Hirunlabh, J, Zeghamati, B., 2008, *Performance Analysis Of A New Sustainable Evaporative Cooling Pad Made From Coconut Coir*, Int J Sustain Eng. 1(2):117–131.
- [3] Zhang, C, Zhou, W, Wang, Q, Wang, H, Tang, Y, & Hui, K., 2013, *Comparison Of Static Contact Angle Of Various Metal Foams And Porous Copper Fiber Sintered Sheet*, Applied Surface Science, 276, 377-382.
- [4] Shirazy, M, R, Blais, S, & Fréchette, L, G., 2012, *Mechanism Of Wettability Transition In Copper Metal Foams: From Superhydrophilic To Hydrophobic*, Applied Surface Science, 258, 6416-6424.
- [5] Midiani, Luh Putu Ike, 2020, *Analisis Termal Sintered Zeolit Dan Hybrid Zeolit-Tembaga Untuk Pengembangan Sumbu Kapiler Pipa Kalor (Wick Heat Pipe)*, Disertasi, Teknik, Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali.

| | |
|---|---|
|  | <p>Wildan Akhsan menyelesaikan studi sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2017 sampai 2021. Ia menyelesaikan program sarjana dengan topik penelitian: pengaruh temperatur karbonisasi bambu betung terhadap <i>wettability</i> dan kekasaran permukaan material.</p> |
| <p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan termodinamika, perpindahan panas, dan pendingin <i>evaporative</i>.</p> | |