

# Studi Eksperimental Karakteristik Capillary Rise Material Karbon Aktif Bambu Betung Dengan Holding Time 30 Menit Sebagai Material Pad Alternatif

Gede Ngurah Surya Pranata, Hendra Wijaksana, I Gusti Ngurah Putu Tenaya  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

---

## Abstrak

Evaporative Cooler merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan prinsip evaporative cooling. Pendinginan evaporative secara teknik disebut dengan pendinginan adiabatik yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan dari panas sensibel menjadi panas laten. Komponen utama dari sistem evaporative cooling adalah material pad. Kapilaritas suatu material berpori dapat ditunjukkan oleh kenaikan permukaan air (capillary rise), dimana capillary rise adalah kenaikan permukaan cairan di atas tekanan atmosfer akibat adanya gaya keatas pada material yang dihasilkan oleh adanya gaya tarik menarik antara molekul-molekul cairan dan molekul-molekul permukaan padat material (gaya adhesi). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik capillary rise material pad berbasis karbon aktif bambu betung dengan holding time 30 menit. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap pengujian yaitu proses pengeringan bambu, karbonisasi dan aktivasi, dan pengujian SEM. Material dasar bambu betung akan dikarbonisasi dengan temperatur karbonisasi 400°C, 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C, sebelum akhirnya diaktivasi pada temperatur aktivasi 600°C dengan holding time 30 menit yang bertujuan untuk membuka pori-pori bambu yang lebih kecil. Dengan adanya kedua perlakuan termal tersebut diharapkan akan meningkatkan struktur pori dan porositas bambu betung sehingga mampu menghasilkan capillary rise yang tinggi untuk mengangkat lebih banyak massa air kedalam material karbon aktif bambu betung. Selanjutnya dilakukan pengujian uji SEM (Scanning Electron Microscopoe) untuk mendapatkan karakteristik struktur pori sampel. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa capillary rise terbesar dihasilkan oleh material karbon aktif bambu betung ACR (aktivasi karbonisasi) 700 sedangkan capillary rise terendah dihasilkan oleh material karbon aktif bambu betung ACR (aktivasi karbonisasi) 600.

**Kata Kunci :** Capillary Rise, Bambu Betung, Holding Time 30 Menit

## Abstract

Evaporative Cooler is a cooling machine that uses the principle of evaporative cooling. Evaporative cooling is technically called adiabatic cooling which is an air conditioning process that is carried out by allowing direct contact between air and water vapor so that there is a change from sensible heat to latent heat. The main component of the evaporative cooling system is the pad material. Capillary rise of a porous material can be indicated by its capillary rise, where capillary rise is the rise of the liquid surface above atmospheric pressure due to an upward force on the material produced by the attractive forces between the liquid molecules and the solid surface molecules material (adhesion force). The purpose of this study was to analyze the characteristics of the capillary rise pad material based on bamboo betung activated carbon with a holding time of 30 minutes. In this study, several stages of testing were carried out, namely the bamboo drying process, carbonization and activation, and SEM testing. The basic material of bamboo betung will be carbonized with carbonization temperatures of 400oC, 500oC, 600oC, 700oC and 800oC, before finally being activated at an activation temperature of 600oC with a holding time of 30 minutes which aims to open the smaller bamboo pores. With these two thermal treatments, it is expected to increase the pore structure and porosity of the bamboo betung so that it can produce a high capillary rise to lift more mass of water into the bamboo betung activated carbon material. Furthermore, the SEM (Scanning Electron Microscopy) test was carried out to obtain the characteristics of the pore structure of the sample. The results of this study indicate that the largest capillary rise is produced by the active carbon material of bamboo betung ACR (carbonization activation) 700 while the lowest capillary rise is produced by the activated carbon material of bamboo betung ACR (carbonization activation) 600.

**Keywords:** Capillary Rise, Bamboo Betung, Holding Time 30 Minutes

---

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi semakin lama semakin pesat dan penggunaan mesin pendingin semakin meningkat. Ditinjau dari kegunaannya mesin pendingin mempunyai fungsi untuk mendinginkan, membekukan, dan untuk sistem pengkondisian udara [1]. Penggunaan Air Conditioning (AC) yang sangat banyak menyebabkan penggunaan listrik menjadi sangat besar maka dari itu kita harus mengurangi penggunaan listrik dengan menggunakan sistem *Evaporative Cooling*.

Komponen utama dari sistim *evaporative cooling* adalah material pad. Banyak penelitian yang telah dilakukan pada penggunaan material pad maupun material penukar panas dan massa sistim *evaporative cooling*, akan tetapi hanya sedikit yang secara spesifik mengkaji penggunaan bambu sebagai material pad sistim *direct evaporative cooling* dan mempelajari lebih jauh mengenai karakteristik kapilaritas bambu.

Bambu merupakan tanaman yang memiliki properti yang unik dan properti tersebut sangat tergantung dari spesiesnya dan juga batangnya. Bambu termasuk tanaman yang memiliki density rendah tetapi kekuatan (strength) dan kekakuan (stiffness) nya tinggi [2]. Beragam aplikasi penggunaan bambu charcoal diantaranya microwave modified bambu charcoal untuk adsorpsi dyes pada larutan aqua [3].

Dalam sistim *direct evaporative cooling*, material pad harus mampu menyerap dan menahan sejumlah massa air untuk proses penguapan. Peningkatan struktur pori dan porositas bambu akan meningkatkan kapilaritas bamboo. Kemudian melalui proses karbonisasi dan aktivasi karbon pada bambu, akan dihasilkan material karbon dan karbon aktif bambu yang memiliki pori berukuran nanopori, baik itu mikropori, mesopori maupun makropori. Dinyatakan juga bahwa capillary rise suatu material sangat tergantung pada ukuran porinya, semakin kecil ukuran pori, maka semakin tinggi capillary rise dan kapilaritasnya.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Sistim Direct Evaporative Cooling

*Direct Evaporative Cooling* merupakan suatu sistim pendinginan udara yang menggunakan prinsip *evaporative cooling*. Pendinginan *evaporative* ini secara teknik disebut dengan pendinginan adiabatik (berlangsung pada entalpi konstan) yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan air sehingga terjadi proses evaporasi dimana terjadi perubahan panas sensibel udara yang didinginkan (udara luar) menjadi panas laten pada air di permukaan cooling pad. Kemampuan pendinginan sistim *direct evaporative cooling* ini dibatasi oleh temperature bola basah udara luar, dimana udara luar

hanya mampu didinginkan hingga mendekati temperature bola basahnya [4].

### 2.2. Karakteristik Bahan Direct Evaporative Cooling Pad

Jenis material pad sistim *direct evaporative cooling* yang banyak digunakan saat ini diantaranya adalah sebagian besar dari bahan atau material alami seperti serabut kelapa, karung goni, spon, sumbu kompor, dan masih banyak lagi. Jenis yang paling banyak digunakan bahan pad berbasis selulosa (cellulose pad) bergelombang. Material pad selulosa ini sudah termasuk material pad komersial dan memiliki kemampuan pendinginan yang tinggi, akan tetapi material pad selulosa harganya cukup mahal.

Menurut Martin Karpiscak [5] seorang peneliti di Universitas Arizona, sebuah *evaporative cooling pad* harus mempunyai :

1. Sifat penyerapan yang baik. Dalam hal ini bahan yang dapat menyerap air, bukan bahan yang kedap air.
2. Tidak reaktif terhadap bahan disekitarnya.
3. lebih rigid pada keadaan lembab,
4. Pori-pori bahan *evaporative cooling pad* tidak terlalu kecil sehingga dapat mengakibatkan penurunan tekanan.

### 2.3. Kenaikan Kapiler (Capillary Rise)

Kenaikan kapiler (capillary rise) adalah naiknya permukaan fluida pada material berpori yang disebabkan oleh gaya keatas yang dihasilkan oleh gaya tarik menarik (gaya adhesi) molekul-molekul air dengan permukaan padat material. Capillary rise terjadi akibat adanya pengaruh kombinasi gaya kohesi dan gaya adhesi yang menyebabkan permukaan fluida naik dalam saluran dengan diameter yang sangat sempit. Ketinggian kenaikan kapiler fluida tergantung dari besarnya tegangan permukaan yang menarik fluida keatas. Kesetimbangan dalam saluran pori akan tercapai bila gaya keatas (gaya kapiler) sama dengan gaya kebawah (gaya berat air), yang dapat dirumuskan sebagai berikut [6]:

$$2\pi r \sigma \cos \gamma = \pi r^2 h \rho_w g \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

r = jari-jari meniskus = jari-jari pori (m)

$\sigma$  = tegangan permukaan cairan = 0.0727 N/m (untuk air pada suhu 20°C)

$\gamma$  = sudut yang terbentuk antara meniskus cairan dengan dinding pori (°)

h = ketinggian kenaikan kapiler (m)

$\rho_w$  = massa jenis air = 1000 kg/m<sup>3</sup>

g = percepatan gravitasi = 10 m/s<sup>2</sup>

Meniskus cairan berbentuk cekung yang menandakan adanya gaya kapiler yang menarik cairan keatas dan membentuk sudut  $\gamma$  terhadap dinding pori. Bila diketahui untuk kebanyakan cairan, termasuk air, sudut  $\gamma$  yang terbentuk sangat kecil dan mendekati nol, dan tekanan kapilernya ( $P_c$ ) sama dengan tekanan hidrostatisnya ( $P_h$ ), maka

ketinggian kenaikan kapiler,  $h$  dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho_w g r} \dots \dots \dots (2)$$

dimana tekanan kapiler  $P_c = 2\sigma \cos\theta/r$  dan tekanan hidrostatik  $Ph = \rho g h$  dan diketahui pula bahwa kenaikan ketinggian kapiler ini biasa juga disebut sebagai *Jurin's height* (serta dibatasi oleh tekanan hidrostatiknya [7]).

### 3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan mencari dan mempelajari literatur yang berkaitan dengan penelitian, kemudian peneliti menemukan suatu masalah menarik untuk dikaji yaitu berkaitan dengan capillary rise material karbon aktif bambu betung. Selanjutnya peneliti melakukan persiapan alat dan bahan, setelah itu peneliti melakukan pembuatan material pad karbon aktif Bambu Betung dan diikuti dengan pengambilan data primer maupun sekunder yang diperlukan. Setelah pengambilan data lapangan selesai selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mencari jawaban dari permasalahan penelitian yang sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Data yang telah diolah selanjutnya dianalisa dan dibahas dalam laporan penelitian.

#### 3.1. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dilakukan secara eksperimental dengan tujuan untuk menganalisa karakteristik capillary rise dari material karbon aktif bambu betung yang diaktivasi dengan holding time 30 menit.

#### 3.2. Variabel Penelitian

Variabel bebas pada penelitian ini, yaitu temperatur karbonisasi 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, dan 800 °C. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah capillary rise dan variabel kontrol berupa dimana variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu temperatur aktivasi 600 °C (dengan holding time 30 menit).

#### 3.3. Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam melakukan penelitian adalah kapak, gergaji, timbangan, oven, reaktor pirolisis, stopwatch, nitrogen, SEM, Image J. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu betung.

#### 3.4. Prosedur Pengujian

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa tahap pengujian yaitu proses karbonisasi, pengujian SEM dan pengujian, dimana masing-masing tahap tersebut diatas memiliki prosedur pengujian tersendiri.

##### 3.4.1. Prosedur Pengeringan Bambu Betung (Moisture)

Proses moisture adalah proses yang dilakukan untuk menghilangkan kadar air yang ada dalam bambu betung, proses moisture pada bambu betung meliputi:

1. Pemotongan bambu betung yang didapat menjadi ukuran-ukuran tertentu.
2. Bambu betung di keringkan dibawah paparan sinar matahari selama 10 hari
3. Kemudian dipotong-potong dengan ukuran P x l x T: 2.5 cm x 1.7 cm x 3.1 cm
4. Selanjutnya dikeringkan kembali pada dapur listrik pada suhu 105 °C selama 6 jam.

##### 3.4.2. Pengujian Karbonisasi dan Aktivasi Material Bambu Betung

Adapun tahapan pengujian karbonisasi pada bambu betung meliputi :

1. Persiapan peralatan ukur dan reaktor pemanasan untuk proses karbonisasi, aktivasi karbonisasi awal bambu betung.
2. Proses karbonisasi 400 °C , 500 °C, 600 °C, 700 °C , dan 800 °C :
  - (a) sampel uji pertama dimasukkan ke dalam reaktor karbonisasi untuk proses karbonisasi 400 °C.
  - (b) reaktor karbonisasi dialiri nitrogen untuk mendapatkan kondisi bebas oksigen (inert atmosfer), kemudian temperatur reaktor karbonisasi ditingkatkan dengan laju pemanasan 8.5 °C /menit dan diatur hingga mencapai 400 °C.
  - (c) kemudian sampel didinginkan dalam furnace selama 12 jam dan akan dihasilkan sampel arang bambu betung dengan kode sampel CR 400 yang artinya hasil karbonisasi bambu betung dengan temperatur 400 °C.
3. Proses karbonisasi selanjutnya dilakukan dengan pengulangan langkah 2a –2c dengan proses karbonisasi 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C dan akan dihasilkan sampel material karbon bambu betung CR 500 – CR 800
4. Proses aktivasi karbon awal 600 °C.
  - (a) sampel dipanaskan terlebih dahulu dalam dapur listrik pada 40 °C, kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pemanasan untuk dilakukan proses aktivasi karbon awal 600 °C
  - (b) udara dikeluarkan dari ruang pemanasan dengan menggunakan pompa vakum
  - (c) N<sub>2</sub> dialirkan ke dalam ruang pemanasan dengan laju aliran 50 ml/menit.
  - (d) temperatur ruang pemanasan ditingkatkan hingga mencapai 600 °C dengan laju 8,5 °C/menit dari temperatur ruang.
  - (e) Setelah temperatur aktivasi karbon mencapai 600 °C maka dilakukan dengan menahan waktu selama 30 menit (  *Holding time 30 menit*  ) pada sampel material karbon masing-masing CR 400, 500, 600, 700 dan 800 akan menjadi material karbon aktif bambu betung, dengan kode masing-masing ACR 400 – ACR 800. Sampel ACR 400 artinya material bambu yang telah dikarbonisasi pada temperatur 400°C akan

diaktivasi pada temperatur 600 °C dengan holding time 30 menit. Untuk setiap akhir pengujian, reaktor pemanasan didinginkan dengan aliran nitrogen 10 ml/menit hingga mencapai temperatur ruang, kemudian material uji dikeluarkan dari reaktor pemanasan.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

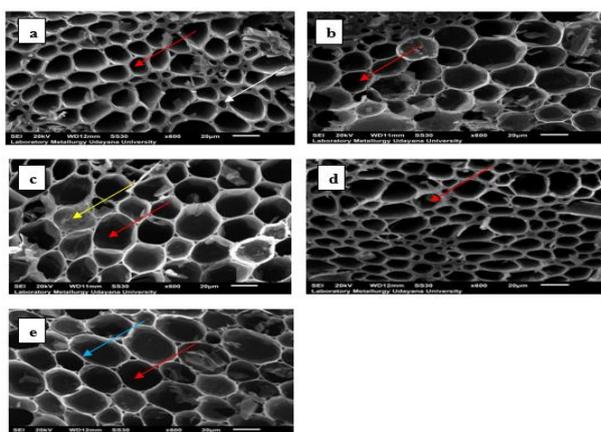
##### 4.1. Hasil Proses Karbonisasi dan Aktivasi Karbon

Proses karbonisasi dengan variasi temperatur karbonisasi 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C yang kemudian masing-masing material karbon ini diaktivasi pada temperatur aktivasi 600°C dengan holding time 30 menit.

Pemberian nama material karbon aktif bambu betung didasarkan pada variasi temperatur karbonisasi dan holding time nya. Sebagai salah satu contoh, material karbon aktif 400 artinya material bambu betung pertama-tama dikarbonisasi pada temperatur 400°C kemudian diaktivasi pada temperatur 600°C dengan holding time 30 menit. Demikian juga untuk material karbon aktif bambu betung ACR 500, 600, 700 dan 800.

##### 4.2. Struktur dan Ukuran Pori

Berdasarkan hasil uji SEM didapat struktur pori material karbon aktif bambu betung holding time 30 menit seperti pada Gambar 1 struktur pori material adalah material dengan struktur pori yang heterogen, Material bambu betung setelah dikarbonisasi dan diaktivasi akan menjadi material berpori dengan struktur pori karbon. Struktur pori material karbon aktif bambu betung didapat dengan pembesaran 600X, masing-masing secara berurutan ACR 400, ACR 500, ACR 600, ACR 700, dan ACR 800.



**Gambar 1.** Struktur pori (a) ACR 400 (b) ACR 500 (c) ACR 600 (d) ACR 700 (e) ACR 800

Selanjutnya berdasarkan hasil uji SEM akan dihasilkan distribusi ukuran pori dan jumlah pori yang terbentuk pada masing-masing material uji. Berdasarkan data tersebut diatas akan dapat

ditentukan ukuran jari pori rata-rata dengan membagi jumlah total ukuran pori (µm) dengan jumlah total pori yang terbentuk. Adapun ukuran jari pori rata-rata untuk material karbon aktif bambu betung holding time 30 menit dapat dilihat seperti pada Tabel 1. Pada Gambar 3 terdapat tanda merah yaitu terjadi penipisan dinding pori dengan ukuran pori yang besar. Hal ini terjadi karena penetrasi panas yang cukup tinggi yg memperbesar ukuran pori dan belum banyak membentuk kecil yg baru, Pada gambar c dapat dilihat pembentukan pori-pori kecil yang baru diikuti dengan terbentuknya pori yang berbentuk gua (*cavern pore*) yang ditandai dengan tanda panah kuning. Cavern pore ini bila dilihat sekilas tampak merupakan pori yang tertutup, akan tetapi sebenarnya pada permukaan cavern pore ini terdapat pori-pori yang lebih kecil yang menghubungkannya dengan pori-pori lainnya. Pada gambar e terdapat tanda biru yaitu telah mulai terbentuk pori kecil yang baru akibat teraksesnya pori-pori kecil yang baru akibat penetrasi panas proses aktivasi dimana yang sebelumnya masih tertutup.

**Tabel 1.** Ukuran pori material uji

No	Material	Σ Uk. Pori (µm)	Σ Pori	Uk. Pori (µm)
1	ACR 400	379.35	135	2.81
2	ACR 500	288.32	106	2.72
3	ACR 600	290.16	78	3.72
4	ACR 700	434.92	166	2.62
5	ACR 800	292.32	87	3.36
6	Rata Rata	337.014	114.4	3.046

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa material karbon aktif bambu betung ACR 600 memiliki ukuran jari pori rata-rata terbesar yakni 3.72 µm, sedangkan ukuran jari terkecil didapat pada material karbon aktif bambu betung ACR 700 yakni sebesar 2.62 µm. Tabel 4.2. juga menunjukkan bahwa material ACR 630 memiliki jumlah pori yang paling sedikit yakni 78 pori tetapi ukuran porinya paling besar. Sementara material ACR 730 memiliki jumlah pori yang paling banyak yakni 166 pori, tetapi ukuran porinya paling kecil.

##### 4.2. Menentukan Capillary Rise Material

Menurut Dani Or [6], ketinggian kenaikan kapiler (*capillary rise*) material dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3. seperti dibawah

$$h = \frac{2\sigma \cos\gamma}{\rho_w g r} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- h : Capillary Rise (m)
- σ : Tegangan Permukaan Cairan
- γ : Sudut yang terbentuk antara meniskus cairan dengan dinding pori (°)
- ρ<sub>w</sub> : massa jenis air
- g : percepatan gravitasi
- r : jari jari meniskus = jari jari pori (m)

Berikut dituliskan salah satu perhitungan ketinggian kenaikan kapiler dari material karbon aktif ACR 430 sebagai berikut:

$\sigma$  : Tegangan permukaan cairan = 0,0727 N/m (untuk air pada suhu 20°C)

$\gamma$  : Sudut yang terbentuk antara meniskus cairan dengan dinding pori ( $\theta$ ) = 0

$\rho_w$  : massa jenis air = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$g$  : percepatan gravitasi = 10 m/s<sup>2</sup>

$r$  : jari jari meniskus = 2.81  $\mu\text{m}$  = 0,00000281 m (didapatkan pada tabel 4.1 )

Sehingga:

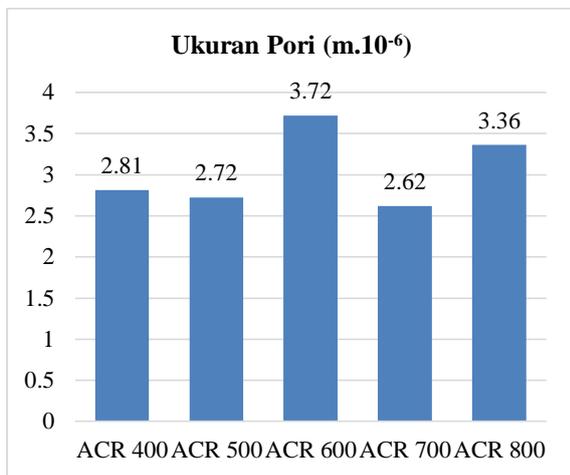
$$h = \frac{2 \times 0.0727 \times 1}{1000 \times 10 \times 0.00000281} = 5.17 \text{ m} \dots \dots \dots (4)$$

Selanjutnya hasil perhitungan capillary rise untuk semua material karbon aktif bambu betung holding time 30 menit dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 4.2.** Capillary Rise Material Karbon Aktif Bambu Betung

No	Material	Uk.Pori (m).10 <sup>-6</sup>	Capillary Rise (m)
1	ACR 400	2.81	5.17
2	ACR 500	2.72	5.35
3	ACR 600	3.72	3.91
4	ACR 700	2.62	5.55
5	ACR 800	3.36	4.33

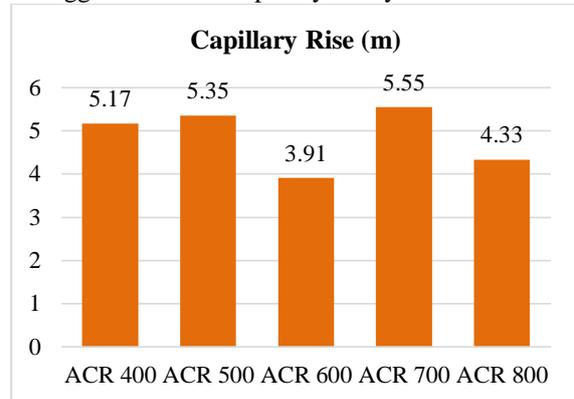
**4.3 Analisa**



**Gambar 2.** Grafik Ukuran Pori

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa material karbon aktif bambu betung ACR 700 dengan ukuran pori 2.62  $\mu\text{m}$ , memiliki capillary rise tertinggi yakni 5.55 m. Sedangkan material karbon aktif bambu betung ACR 600 dengan ukuran pori 3.72  $\mu\text{m}$ , memiliki capillary rise terendah yakni sebesar 3.91 m. Hal tersebut terjadi karena dengan semakin kecilnya ukuran jari pori material, maka gaya adhesi antara molekul molekul

air dan molekul molekul padat dinding pori semakin besar, sehingga tekanan kapilernya semakin besar dan capillary rise nya juga semakin tinggi. Dengan diketahuinya capillary rise material, maka dapat ditentukan ukuran tinggi material pad yang dapat dibuat untuk sistim direct evaporative cooling. Hal ini berarti bahwa besarnya capillary rise akan membatasi ukuran tinggi material pad yang dapat dibuat, karena fluida tidak akan mampu mencapai ketinggian melebihi capillary risenya.

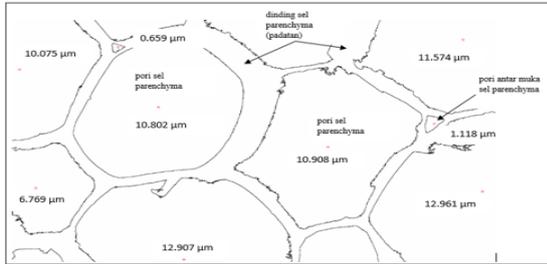


**Gambar 3.** Grafik Capillary Rise

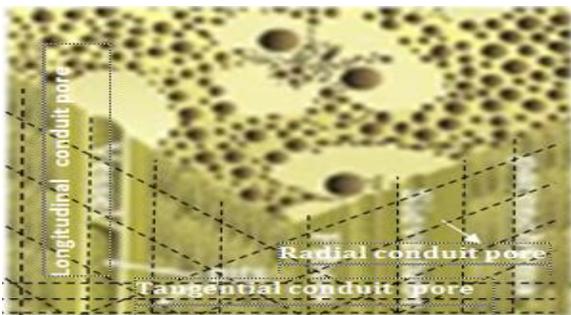
Bila ukuran umum material pad sistim direct evaporative cooling adalah 30-50 cm, maka material karbon aktif bambu betung ini sangat memenuhi syarat sebagai material pad, dalam hal ketinggian permukaan fluida yang dapat dicapai oleh material tersebut. Selanjutnya dari pemaparan tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran pori maka capillary rise material akan semakin tinggi dan sebaliknya, serta dari sisi capillary rise material dapat dikatakan bahwa material karbon aktif bambu betung tersebut sangat layak dipertimbangkan sebagai material pad sistim direct evaporative cooling yang baru.

Pada Gambar 1 dapat dilihat struktur pori dari masing-masing material karbon aktif bambu betung. Tampak pori yang terbentuk memiliki ukuran yang bervariasi dan pori ini kebanyakan terbentuk dari *parenchyma cell* material bambu yang telah terdekomposisi pada proses karbonisasi dan atau aktivasi (tanda panah merah). Penetrasi panas yang tinggi pada proses aktivasi menyebabkan dinding pori mengalami penyusutan ketebalan (tanda panah biru) dan terkadang dinding pori akan mengalami kerusakan. Pada gambar dapat juga dilihat terbentuknya pori yang masih tertutup dan berbentuk gua (cavern pore), dimana pori ini sebenarnya terdiri dari pori-pori dengan ukuran yang lebih kecil dari ukuran pori material karbon aktif bambu betung, yang dinamakan *pits* (tanda panah kuning). Pori kecil juga banyak terbentuk pada dinding pori material, yang nantinya akan menghubungkan antara pori yang satu dengan yang lainnya, sehingga pori material karbon aktif bambu betung akan memiliki keterhubungan yang tinggi (high connectedness) yang akan menghasilkan karakteristik kapilaritas

yang tinggi pula. Pada Gambar 4 dan Gambar 5 dapat ditunjukkan masing-masing secara berurutan variasi ukuran pori yang terbentuk setelah proses aktivasi dan struktur pori bambu sebelum mengalami proses karbonisasi atau aktivasi karbon.



**Gambar 4.** Variasi ukuran pori material karbon aktif bambu betung



**Gambar 5.** Struktur pori raw bamboo material

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut diatas dapat ditarik kesimpulan diantaranya bahwa:

1. Material bambu betung yang dikarbonisasi pada temperatur 700°C dan diaktivasi pada temperatur 600°C dengan holding time 30 menit (ACR 700) memiliki capillary rise yang tertinggi yakni sebesar 5.55 m. Sedangkan material karbon aktif bambu betung ACR 600 memiliki capillary rise yang terendah yakni hanya sebesar 3.91 m
2. Material karbon aktif bambu betung dengan ukuran pori (jari-jari pori) yang lebih kecil akan menghasilkan capillary rise yang lebih tinggi dan sebaliknya.
3. Ukuran tinggi material pad sistim direct evaporative cooling dari material karbon aktif bambu betung sangat dibatasi oleh capillary rise yang dimilikinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfiyan H, 2021, *Pengaruh Variasi Jarak Katup Ekspansi Dengan Evaporator Terhadap Performansi Mesin Pendingin Tipe AC Spli*, Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Ganesha.
- [2] Ahaddin, E. E., 2016, *Analisa Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Sifat Akustik Dan*

*Kekuatan Lentur Pada Pembuatan Komposit Polyurethane/Serat Bambu Betung Dengan Metode Hand Lay-Up Untuk Aplikasi Door Panel Mobil*, Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- [3] Liao, P., Ismael, Z. M., Zhang, W., Yuan, S., Tong, M., Wang, K., & Bao, J, 2012, *Adsorption Of Dyes From Aqueous Solutions By Microwave Modified Bamboo Charcoal*, Chemical Engineering Journal, Vol. 195, Hal. 339-346.
- [4] Purwadianto, D., & Purwadi, P. K, 2022, Hubungan Kondisi Udara Masuk dengan Kondisi Udara Keluaran Air Cooler. **Widya Teknik**, Vol. 20, No. 2, Hal. 66-70.
- [5] Johanna Andersson, 2018. *An Investigation of the mechanism of capillary flow in soft hydrophilic microchannels*. Ph.D. Thesis, Department of Chemistry and Chemical Engineering, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden,.
- [6] Andersson, L., Herring, A., Schlüter, S., & Wildenschild, D, 2018, Defining a Novel Pore-Body to Pore-Throat “Morphological Aspect Ratio” That Scales with Residual Non-Wetting Phase Capillary Trapping in Porous Media. *Advances in Water Resources*, Vol. 122, Hal. 251-262.
- [7] Dani Or, 2018. *Capillary Processes in Porous Media (An introduction to Soil Physics)*. Department of Environmental System Science (D-USYS), Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH Zurich).

	<p><b>Gede Ngurah Surya Pranata</b> telah menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Udayana dari tahun 2017 hingga 2022 dengan topic penelitian studi eksperimental karakteristik capillary rise material karbon aktif bambu betung dengan holding time 30 menit sebagai material pad alternatif</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan capillary rise material, khususnya yang berkaitan dengan material pad</p>	