

Studi Eksperimental Karakteristik Laju Pemompaan Kapiler Pada Material Karbon Bambu Betung

Gusti Maulana Pangestu, Ainul Ghurri dan Hendra Wijaksana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sistem pendingin merupakan salah satu kebutuhan utama setiap orang terutama di Indonesia yang mempunyai iklim tropis. Sistem pendingin merupakan bagian dari sistem pengkondisian udara, yakni sistem yang sanggup mengkondisikan temperatur udara ataupun ruang jadi rendah daripada temperatur sekitar. Di Indonesia suhu udara rata-rata 30oC- 35oC dengan tingkatan kelembaban udara 70%- 80%. Untuk mendapatkan kenyamanan temperatur udara tentu memerlukan tenaga listrik yang besar, dengan pemakaian sistem AC untuk saat ini, yang dimana pemakaian refrigeran pada sistem AC bisa memunculkan lingkungan yang kurang baik serta pula memicu terbentuknya kenaikan pemanasan global yang terus menjadi besar. Karena mempunyai dampak lingkungan yang kurang baik, dibuatlah sistem pendingin yang lebih ramah lingkungan. Salah satunya adalah sistem *direct evaporative cooling* yang memanfaatkan panas sensibel udara luar untuk menguapkan lapisan air yang terdapat pada material pad yang basah. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk menganalisis karakteristik laju pemompaan kapiler pada material karbon bambu betung. Sebagai bahan penelitian, bambu dapat menghasilkan arang yang berpori dengan luas permukaan spesifik yang tinggi dan porositas yang tinggi. Dalam penelitian ini menggunakan temperatur karbonisasi 400°C (TK 400), 500°C (TK 500), 600°C (TK 600), 700°C (TK 700) dan 800°C (TK 800). Hasil dari seluruh pengujian menunjukkan bahwa spesimen bambu betung dengan temperatur karbonisasi 500oC (TK 500) memiliki laju pemompaan kapiler tertinggi yakni sebesar 0.0478 g/s.

Kata kunci: Bambu betung, *direct evaporative cooling*, karbonisasi, laju pemompaan kapiler, temperatur

Abstract

Cooling system is one of the necessities in everyday life. Especially in Indonesia with tropical climate. The cooling system is part of the air conditioning system, which is a system that is able to condition the air temperature or the room temperature lower than the ambient temperature. At Indonesia the average air temperature is 30oC- 35oC with an air humidity level of 70%- 80%. To get a comfortable air temperature certainly requires a large amount of electricity, with the use of air conditioning system, where the use of refrigerant in the air conditioning system can pollute the environment and also trigger the formation of a rise in global warming that continues to be a big problem. Because it has a poor environmental impact, a more energy-efficient and environmentally friendly cooling system is made. One the energy-efficient cooling systems is a *direct evaporative cooling* system that utilizes the sensible heat of the outside air to vaporize the layer of water contained in the wet pad material. This study aims to analyze the characteristics of capillary pumping rate in bamboo betung carbon material. As raw materials, bamboo could produce porous charcoall with a specific surface area and high porosity. Carbonization temperatures of 400°C (TK 400), 500°C (TK 500), 600°C (TK 600), 700°C are used (TK 700) and 800°C (TK 800). The results of all tests showed that betung bamboo specimen which is carbonized at 500oC (TK 500) has the highest capillary pumping rate of 0.0478 g/s.

Keywords: Bamboo betung, *direct evaporative cooling*, carbonization, capillary pumping rate, temperature

1. Pendahuluan

Sistem pendingin merupakan salah satu kebutuhan utama disetiap orang. Khususnya di Indonesia yang mempunyai iklim tropis. Di Indonesia suhu udara rata-rata 30°C- 35°C dengan tingkatan kelembaban udara 70%- 80%, dimana pembangunan gedung- gedung apartemen, perkantoran serta pusat- pusat perbelanjaan yang pesat memerlukan sistim pendingin untuk menjaga temperatur pada keadaan udara nyaman, standar kenyamanan udara yang diperlukan ialah pada temperatur udara 22°C hingga 25°C serta buat kelembaban relatif 40% hingga 60% [1]. Untuk mendapatkan kenyamanan temperatur udara tentu memerlukan tenaga listrik yang besar, dengan pemakaian sistem *air conditioning* (AC) untuk saat ini, dimana diperkirakan hampir 60% energi listrik

yang ada pada bangunan besar seperti pabrik, dan perkantoran diperlukan sistem AC. Di samping itu pemakaian *refrigerant* pada sistem AC bias memicu terbentuknya kenaikan pemanasan global yang terus menjadi permasalahan besar.

Karena mempunyai dampak lingkungan yang kurang baik, berkembanglah sistem pendingin yang lebih ramah lingkungan. Salah satu sistem pendingin hemat energi adalah sistem pendingin *evaporative*, dan salah satu sistem pendingin *evaporative* adalah sistem *direct evaporative cooling* yang memanfaatkan panas sensibel udara luar untuk menguapkan lapisan air yang terdapat pada material *pad* yang basah. *Direct evaporative cooling* biasanya terdiri dari *mechanical fan*, *cooling pad*, dan pompa air. Material *cooling pad* yang digunakan dalam sistem *direct evaporative cooling* biasanya material yang mempunyai pori, seperti misalnya khusi *palash*

fiber, serabut kelapa, charcoal, aspen material dan lain-lain yang berfungsi untuk menyerap dan menampung air dalam jumlah yang cukup pada cooling pad itu sendiri, untuk penyediaan air saat berlangsungnya proses evaporasi pada permukaan material cooling pad.

Dapat dilihat dari pemaparan diatas, dimana dengan belum terlalu banyaknya penelitian yang mengkaji karakteristik laju pemompaan kapiler (capillary pumping rate) pada material bambu betung yang telah mengalami proses karbonisasi (carbonized betung bamboo), maka penulis terdorong untuk melakukan penelitian tentang studi eksperimental karakteristik laju kapilaritas pada bambu betung terkarbonisasi. Dengan demikian topik penelitian yang akan penulis angkat dalam hal ini adalah studi eksperimental karakteristik laju pemompaan kapiler pada material karbon bambu betung.

Permasalahan yang akan dikaji, yaitu bagaimana karakteristik laju pemompaan kapiler pada material karbon bambu betung sebagai pad material sistem direct evaporative cooling

Ada beberapa batasan yang ditetapkan dalam penelitian kali ini meliputi:

1. Material yang digunakan yakni bambu betung lokal Bali.
2. Temperatur karbonisasi yang ditetapkan adalah 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C.
3. Karbonisasi dalam lingkungan bebas oksigen (inert atmosphere)
4. Pengujian yang dilakukan akan meliputi proses karbonisasi dan pengujian kapilaritas.

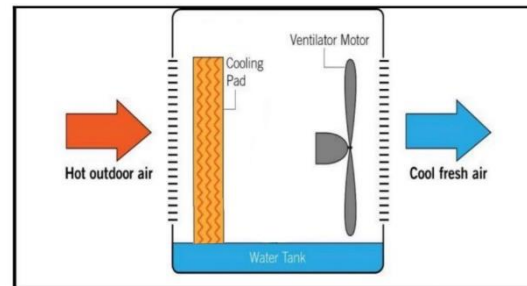
2. Dasar Teori

2.1. Sistem Direct Evaporative Cooling

Sistem Direct Evaporative Cooling adalah sistem pendinginan udara yang menggunakan prinsip evaporative cooling. Pendinginan evaporative ini biasa disebut dengan pendinginaan adiabatik (berlangsung pada entalpi konstan) yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara air dengan udara sehingga terjadi proses evaporasi, dimana terjadi perubahan panas sensibel udara yang didinginkan (udara luar) menjadi panas laten pada air di permukaan cooling pad. Perpindahan panas sensibel yang terjadi karena perbedaan suhu antara udara dan permukaan cooling pad yang basah, sedangkan panas latent terjadi dari perpindahan masa yang dihasilkan dari proses evaporasi pada permukaan basah cooling pad. Adapun prinsip kerja dan aliran fluida sistem direct evaporative cooling dapat dilihat seperti pada Gambar 1.

Jenis yang paling banyak digunakan bahan pad adalah selulosa bergelombang yang telah diresapi dengan bahan zat pembasah dan garam larut agar tidak mengalami pembusukan. Bahan pad lainnya antara lain adalah Pads dibuat dari aluminium dan

serat dari plastik. Tetapi kedua jenis pads ini relatif mahal dan tidak menunjukkan keunggulan dibandingkan selulosa.



Gambar 1. Prinsip kerja sistem direct evaporative cooling

Jumlah pad yang diperlukan tergantung pada beberapa faktor termasuk jenis bahan yang digunakan. Menurut Martin Karpiscak 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 bahayang kedap air
2. Non-reaktif terhadap bahan sekitarnya
3. Lebih rigid dalam keadaan lembab
4. Pori – pori dalam bahan evaporative cooling pad tidak terlalu kecil sehingga mengakibatkan penurunan tekanan.

2.2. Material Pad Sistem Direct Evaporative Cooling

Menurut X. Zhao et.al., [2] sistim evaporative cooling memerlukan material yang berpori, untuk memungkinkan terjadinya proses perpindahan panas dan massa antara air dalam material berpori tersebut dengan udara yang dilewatkan (untuk direct evaporative cooling), atau antara udara kering (product air) dan udara basah (working air) untuk indirect evaporative cooling, dan antara udara yang dilewatkan dengan udara basah untuk sistem semi-indirect evaporative cooling. Material yang berpori sangat berperan dalam meningkatkan efisiensi pendinginan dari sistim evaporative cooling.

2.3. Pemilihan Material Pad dan Proses Karbonisasi

Dalam penelitian ini pemilihan material menggunakan bambu sebagai material pad, yang kemudian akan dilakukan karbonisasi menjadi arang bambu (bamboo charcoal). Dalam penelitian ini akan lebih dipilih bambu sebagai bahan dasar material pad dibandingkan kayu. Hal ini dikarenakan arang bambu aktif memiliki karakteristik adsorbsivitas yang lebih tinggi dan absorpsivitas yang lebih baik dari arang aktif kayu.

Proses terjadinya karbon aktif yaitu saat peningkatan suhu secara bertahap hingga mencapai 400 °C, Suhu karbonisasi ini didasarkan atas komponen yang terdapat pada bambu. Kandungan utama pada bambu adalah selulosa, hemiselulosa,

dan lignin, dimana terjadi penghilangan kadar air yang terdapat dalam bambu pada suhu 120 °C - 150 °C, setelah itu terjadi karbonisasi hemiselulosa pada suhu 200 °C - 250 °C, selanjutnya pada suhu 280 °C - 320 °C terjadi karbonisasi selulosa, dan pada suhu 400 °C terjadi karbonisasi lignin. Oleh karena itu, dengan karbonisasi pada suhu 400 °C, Dapat disimpulkan bahwa kandungan air dan komponen-komponen seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang terdapat di dalam bambu diperkirakan sudah hilang sehingga diperoleh kadar karbon yang paling optimum dan terjadi pembentukan dasar porositas pada pori-pori karbon

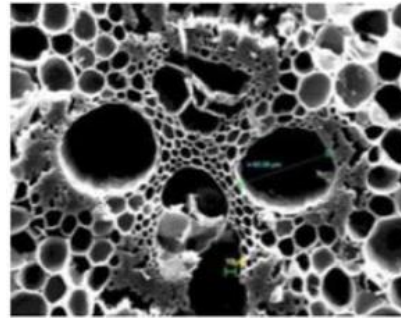
Pemilihan proses karbonisasi dalam penelitian ini didasarkan pada hasil penelitian oleh Yatagi M. et.al., [3] yang melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur karbonisasi terhadap daya serap (absorpsi) arang aktif bambu pada beberapa larutan, dan ditemukan bahwa proses karbonisasi bambu pada temperatur karbonisasi yang tinggi antara 300-900 °C, mampu menghasilkan material arang bambu yang memiliki daya serap (absorpsivitas) yang tinggi pada larutan kimia yang volatile maupun tidak volatile. Kemampuan absorpsi air untuk material pad sangatlah penting untuk menjamin ketersediaan air dalam material *pad*, guna berlangsungnya proses evaporasi yang menghasilkan efek pendinginan udara

2.4. Proses karbonisasi

Proses karbonisasi bertujuan untuk menghasilkan porositas awal. *charcoal* yang belum diproses menjadi karbon aktif memiliki pori-pori yang sebagian besar tertutup oleh hidrokarbon, dan komponeen lain seperti abu, air, nitrogen, dan sulfur, sehingga keaktifannya atau daya serap yang dimiliki rendah [4]. Untuk meningkatkan daya serap arang yang tinggi, maka bamboo tersebut dapat di ubah menjadi karbon aktif melalui proses karbonisasi. Karbonisasi adalah proses pirolisis pada material organik dalam kondisi bebas oksigen yang menghasilkan sebuah residu *solid* yang Mempunyai kandungan karbon yang tinggi.

Proses karbonisasi juga dapat didefinisikan sebagai 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. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 2 struktur pori mikro yang terbentuk pada bambu setelah proses karbonisasi.

Produk dari proses karbonisasi adalah berupa arang (*charcoal*) yang merupakan produk hasil dekomposisi material organik alami atau sintesis. Arang hasil karbonisasi ini, akan memiliki permukaan dalam reaktif yang tinggi dan kandungan sulfur yang rendah.



Gambar 2. Mikro struktur bambu setelah dikarbonisasi

2.5. Kapilaritas

Kapilaritas adalah peristiwa turun atau naiknya zat cair Bambu betung yang sudah terkarbonisasi adalah material yang mempunyai pori kecil yang banyak. Kapilaritas disebabkan oleh interaksi di antara molekul-molekul dinding bahan dengan zat cair. Interaksi antara molekul itu selanjutnya kita beri nama gaya adhesi dan gaya kohesi.

Dalam usaha meningkatkan jumlah massa air yang mampu dipompakan secara kapiler pada *pad material* sistem *direct evaporative cooling* tersebut dapat dilakukan uji kapilaritas untuk menganalisa laju pemompaan kapiler. Laju pemompaan kapiler ini nantinya akan sangat mempengaruhi besarnya laju perpindahan panas pada material. Untuk menjamin berlangsungnya proses *evaporasi* pada permukaan *pad material*, diperlukan *capillary pumping rate* yang tinggi pada *pad material*, karena hal tersebut akan meningkatkan laju *evaporasi* yang terjadi. Peningkatan laju *evaporasi* akan meningkatkan laju perpindahan panas dan massa pada material berpori tersebut.

Untuk menghitung besar laju pemompaan kapiler pada bambu betung yang sudah di karbonisasi dalam penelitian ini pengujian laju pemompaan kapiler dilakukan pada sampel pengujian dengan posisi *vertical*. Dengan demikian laju kapiler secara eksperimental dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut

$$LPK = \frac{\Sigma Akm.Mair}{Waktu} = \frac{Msat}{tsat} \quad (1)$$

LPK = laju pemompaan kapiler (gram/s)

Msat = massa air jenuh material (gram)

Tsat = waktu massa air jenuh tercapai (detik)

3. Metode Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian Kali ini adalah sebagai berikut:

3.1 Alat

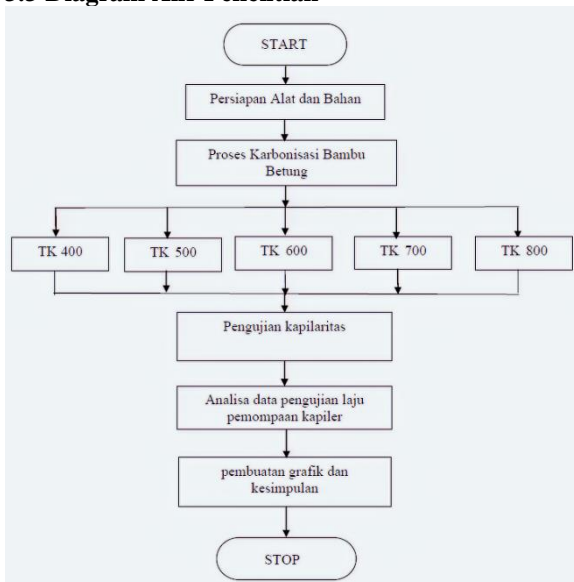
1. Reaktor untuk memanaskan bambu sampai sampai temperatur 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C hingga menjadi *charcoal*.
2. *Nitrogen* digunakan untuk menghilangkan oksigen yang ada didalam bambu saat proses karbonisasi
3. *Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu karbonisasi

4. Timbangan Digital dipakai untuk mengukur berat massa sebelum pengujian dan sesudah pengujian untuk mengetahui massa bambu
5. Gergaji digunakan untuk memotong bamboo
6. *Cutter*
7. Oven digunakan untuk proses moisture bambu yang akan di karbonisasi hingga kadar air yang didalam bambu berkurang
8. *Holder* digunakan untuk menggantungkan bambu betung yang sudah terkarbonisasi untuk uji laju pemompaan kapiler
9. Reservoir digunakan untuk menampung air yang akan diserap oleh bambu betung yang sudah terkarbonisasi.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu betung sebagai bahan untuk pengujian karbonisasi.

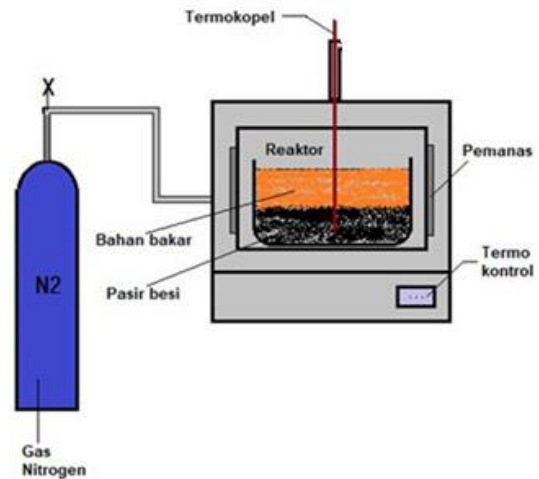
3.3 Diagram Alir Penelitian



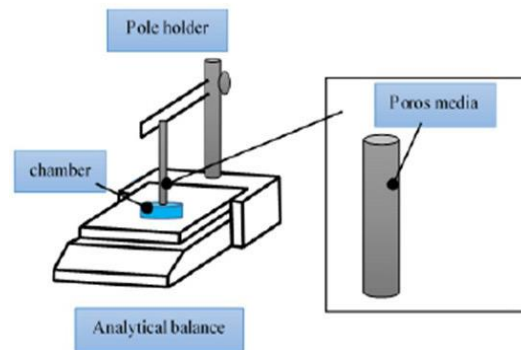
Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.4 Metode Uji

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian yaitu proses karbonisasi, dan laju pemompaan kapiler, dimana masing-masing tahap tersebut memiliki prosedur pengujian tersendiri. Proses karbonisasi bambu betung dilakukan dengan alat seperti pada Gambar 3 pengujian dilakukan pada temperatur 400°C, 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C tanpa proses aktivasi dan *holding time*. Proses pengujian kapilaritas dilakukan dengan alat seperti pada Gambar 4, pengujian dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen uji kedalam *reservoir* yang berisi air, kemudian dihitung massa air yang berkurang persatuan waktu.



Gambar 3. Skematik peralatan proses karbonisasi



Gambar 4. Skematik pengujian laju pemompaan kapiler

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Proses *Moisture*

Setelah dilakukannya proses moisture yang telah dirancang, didapatkan kadar kering dari ke lima sampel bambu betung berdasarkan perbandingan massa sampel sebelum proses moisture dan setelah proses moisture. Dimana proses *moisture* dilakukan pada dapur listrik (oven) dengan temperatur 120 °C selama 6 jam.

Tabel 1. Hasil data massa bambu betung

Spesimen	Massa Bambu (gr)				
	TK 400	TK 500	TK 600	TK 700	TK 800
BB1	11.48	11.74	11.8	11.36	11.1
BB2	8.38	8.58	8.42	7.68	8.1

Tabel 1 menunjukkan hasil pengambilan data massa spesimen bambu betung sebelum moisture (BB1) dan setelah moisture (BB2). Dimana terdapat 5 spesimen pada masing-masing temperatur karbonisasi.

4.2 Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi dilakukan di dalam *furnace* pada temperatur 400°C - 1200°C. Arang bambu juga dapat dibagi menjadi dua yaitu pirolisis primer pada temperatur 400°C - 500°C dan pirolisis sekunder pada temperatur 600°C - 800°C. Maka dari itu pada penelitian ini, ditentukan temperatur untuk pengujian karbonisasi pada spesimen bambu betung adalah 400°C (TK 400), 500°C (TK 500), 600°C (TK 600), 700°C (TK 700), dan 800°C (TK 800). Dimana terdapat 5 spesimen dengan ukuran P x L x T = 2.5 cm x 1.7 cm x 3.1 cm, pada masing-masing temperatur karbonisasi yang telah ditentukan. Pengujian karbonisasi dilakukan pada kondisi bebas oksigen (*inert atmosphere*) dengan hasil akhir berupa residu solid (*charcoal*). Pengujian karbonisasi dalam penelitian kali ini dilakukan tanpa *holding time*, yang berarti pengujian karbonisasi telah selesai ketika *thermo control* mengidentifikasi bahwa temperatur karbonisasi telah mencapai temperatur 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C pada masing-masing spesimen bambu betung.



Gambar 5. Spesimen material karbon bambu betung

4.3 Laju Pemompaan Kapiler

Pengujian laju pemompaan kapiler (*capillary pumping rate*) ini dimulai dengan mencatat perubahan massa reservoir awal untuk setiap satuan waktu, dimana pencatatan waktu dan massa reservoirnya berbeda-beda untuk setiap spesimen. Hal ini disebabkan oleh karena masing-masing spesimen memiliki waktu dan jenuh (*saturated*) yang berbeda-beda pula. Adapun pencatatan perubahan massa reservoir terhadap waktu dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Massa dan waktu jenuh material karbon TK 400, TK 500, TK 600 TK 700 dan TK 800

Material TK 400			Material TK 500		
Waktu (detik)	M.resv (gram)	Σ Akm. M.air (gram)	Waktu (detik)	M.resv (gram)	Σ Akm. M.air (gram)
0.00	17.6535	0.0000	0.00	16.0546	0.0000
13.4	16.7207	0.9328	6.00	14.7170	1.3376
26.8	16.4756	1.1779	12.0	14.6707	1.3839
40.2	16.4630	1.1905	18.0	14.6389	1.4157
53.6	16.3943	1.2592	24.0	14.6222	1.4324
67.0	16.2930	1.3605	30.0	14.6194	1.4352

Material TK 600			Material TK 700		
Waktu (detik)	M.resv (gram)	Σ Akm. M.air (gram)	Waktu (detik)	M.resv (gram)	Σ Akm. M.air (gram)
0.00	16.5606	0.0000	0.00	17.9628	0.0000
4.60	16.2356	0.3250	15.8	17.3901	0.5727
9.20	16.1040	0.4566	31.6	17.3003	0.6625
13.8	16.0904	0.4702	47.4	17.2629	0.6999
18.4	16.0807	0.4799	63.2	17.2554	0.7074
23.0	16.0805	0.4801	79.0	17.2473	0.7155

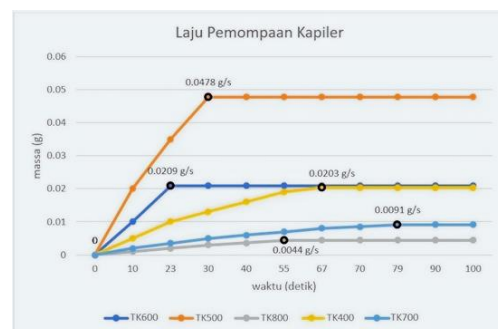
Material TK 800		
Waktu (detik)	M.resv (gram)	Σ Akm. M.air (gram)
0.00	16.3355	0.0000
11.0	16.1928	0.1427
22.0	16.1396	0.1959
33.0	16.1186	0.2169
44.0	16.1002	0.2353
55.0	16.0949	0.2406

Berdasarkan hasil dan perumusan tersebut diatas maka dapat ditentukan laju pemompaan kapiler masing-masing material karbon bambu betung, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Laju pemompaan kapiler

Spesimen	Msat (gram)	tsat (detik)	Laju Pemompaan Kapiler (gram/s)
TK 400	1.3605	67	0.0203
TK 500	1.4352	30	0.0478
TK 600	0.4801	23	0.0209
TK 700	0.7155	79	0.0091
TK 800	0.2406	55	0.0044

Berdasarkan pemaparan diatas dan hasil yang didapat pada Tabel 3. dapat digambarkan grafik laju pemompaan kapiler masing-masing material karbon bambu betung tersebut diatas, seperti dapat dilihat pada Gambar 6. dibawah ini.



Gambar 6. Laju pemompaan kapiler material karbon bambu betung

Gambar 6. menunjukkan laju pemompaan kapiler yang dihasilkan oleh masing-masing material karbon bambu betung. Dapat dilihat pada Gambar 6, bahwa laju pemompaan kapiler tertinggi dihasilkan oleh material TK 500 dengan laju sebesar 0.478 g/s. Hal ini disebabkan oleh karena material TK 500 memiliki jumlah massa jenuh air terbesar yakni 1.4352 g. Hal ini terjadi karena Semakin kecil sudut kontak yang terbentuk antara fluida dengan sumbu kapiler maka sifat keterbasahan dari sumbu kapiler meningkat sedangkan semakin besar sudut kontak terbentuk maka sumbu kapiler tersebut memiliki sifat keterbasahan yang semakin kecil yang berarti daya kapilaritas semakin kecil. Daya pompa kapilaritas pada sumbu berpori sangat berpengaruh oleh porositas dari sumbu tersebut dimana semakin besar porositas dari material maka semakin besar daya kapilaritas dari material tersebut. Sedangkan laju pemompaan kapiler terendah dihasilkan oleh material TK 800 yakni sebesar 0.0044 g/s. Besarnya laju pemompaan kapiler sangat tergantung dari jumlah massa jenuh air dan waktu pencapaian jenuh air pada material tersebut. Semakin besar jumlah massa air pemompaan dengan waktu pemompaan lebih singkat akan menghasilkan laju pemompaan kapiler yang besar, semakin tinggi laju pemompaan, maka jumlah massa air yang dapat dipompakan akan menjadi lebih besar. Dari pengujian ini diharapkan material yang memiliki laju pemompaan kapiler yang lebih tinggi, untuk lebih menjamin tersedianya massa air dalam material, yang akan digunakan untuk proses evaporasi pada material pad.

5. Kesimpulan

Material karbon bambu betung dengan temperatur karbonisasi 500°C, (TK 500) memiliki laju pemompaan kapiler tertinggi yakni sebesar 0.0478 g/s, dengan waktu pemompaan selama 30 detik. Sedangkan laju pemompaan kapiler terendah dihasilkan oleh material karbon bambu betung dengan temperatur karbonisasi 800°C (TK 800) yakni sebesar 0.0044 g/s, dengan waktu pemompaan selama 55 detik. Berdasarkan karakteristik diatas, Hal ini terjadi dikarenakan material karbon bambu betung dengan temperatur karbonisasi 500°C mempunyai sudut kontak yang kecil yakni sebesar 19.3°, maka material tersebut memiliki sifat keterbasahan yang semakin besar yang berarti daya kapilaritas semakin besar. Dan porositas dari material tersebut memiliki porositas yang besar yakni 17.3%, maka semakin besar juga daya kapilaritas dari material tersebut.

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] Zhao, Xudong, Shuli Liu, and Saffa B. Riffat, 2008, *Comparative study of heat and mass exchanging materials for indirect evaporative cooling systems*, Building and Environment Vol.43 No.11, pp. 1902-1911.
- [3] Yatagi, M., Ito, R., Ohira, T., & Oba, K., 1995, *Effect of charcoal on purification of wastewater*, Mokuza Gakkaishi, Vol.41, pp.425–432.
- [4] Lempang, M., 2014, *Pembuatan dan kegunaan arang aktif*. Buletin Eboni, Vol.11, No.2, pp. 65-80.

	Gusti Maulana Pangestu menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin pada tahun 2021.
Topik penelitian yang diminati ialah bidang konversi energi	