



Investigasi Dimensi, Komposisi, dan *Pressure Molding* terhadap Porositas, Konduktivitas Termal, dan *Evaporation Flow* pada *Fin Briket Silinder*

Muhammad Hisyam Mustawa ^{1,*}, Abdy Nabil Ghifari Rustam ¹, Naharina Ayutama ², Zulfa Azizah ², Rafa Bintang Nirwan Azzura ¹, Nova Risdiyanto Ismail ¹.

¹ Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Widya Gama, Malang, Jawa Timur, Indonesia

² Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Widya Gama, Malang, Jawa Timur, Indonesia

Kata kunci

arang kayu secang,
fin briket silinder,
porositas,
konduktivitas termal,
laju evaporasi.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menginvestigasi pengaruh dimensi partikel, komposisi karbon–pengikat, dan *pressure molding* terhadap porositas, konduktivitas termal, laju perpindahan massa, laju perpindahan panas, serta laju evaporasi *fin* briket silinder berbahan arang kayu secang. Penelitian metode eksperimen dengan variasi dimensi partikel yang digunakan meliputi 40, 60, 80, dan 100 mesh, dengan variasi komposisi karbon–pengikat 95:5, 90:10, 85:15, dan 80:20, serta variasi *pressure molding* 0,25; 0,375; 0,5 dan 0,624 MPa. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai porositas, konduktivitas termal, *mass flow*, *heat flow*, dan *evaporation flow* pada setiap variasi spesimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan ukuran mesh, pengikat, dan *pressure molding* dapat menurunkan nilai porositas, meningkatkan konduktivitas termal, meningkatkan laju aliran massa, dan meningkatkan laju evaporasi. Variasi terbaik diperoleh pada partikel 100 mesh, komposisi karbon–pengikat 80:20, dan *pressure molding* 0,624 MPa, menghasilkan nilai porositas sebesar 19,30%, konduktivitas termal sebesar 0,49 W/m°C, laju perpindahan massa sebesar $2,83 \times 10^{-3}$ kg/s, laju perpindahan panas sebesar 2,17 W, dan laju evaporasi sebesar $2,84 \times 10^{-6}$ kg/s. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *fin* briket arang kayu secang berpotensi digunakan sebagai pelat penyerap panas *fin* berpori untuk meningkatkan kinerja sistem *solar still*.

* Corresponding author:

Muhammad Hisyam Mustawa (email: m.hisyam.mus@gmail.com)

Diterima: 5 Agustus 2026

Disetujui: 9 September 2026

Dipublikasikan: 12 September 2026

1 Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil dalam jumlah besar. Kondisi geografis tersebut menyebabkan sebagian masyarakat masih menghadapi keterbatasan akses terhadap air bersih, meskipun sumber air laut tersedia secara melimpah. Pengolahan air laut menjadi air tawar yang layak digunakan menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah *solar still distillation* [1], yaitu teknologi desalinasi sederhana yang memanfaatkan energi radiasi matahari. Dalam prosesnya, air laut dipanaskan hingga menguap, kemudian uap air mengalami kondensasi pada permukaan penutup transparan dan ditampung sebagai air hasil penyulingan [2]. Teknologi ini relatif sederhana, ramah lingkungan, dan tidak memerlukan sumber energi konvensional dalam jumlah besar [3]. Meskipun demikian, produktivitas *solar still* masih relatif rendah karena dipengaruhi oleh luas permukaan penyerap, kedalaman air, kemampuan material dalam menyerap dan menghantarkan panas, korosi material, serta kandungan logam dalam air laut.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk meningkatkan kinerja *solar still*. Pada penelitian wiener 2024 [4], menggunakan tambahan *fin* berbahan tekstil dan rol poliuretan untuk memperluas bidang penyerapan radiasi dan mempercepat perpindahan panas menuju air. Dari Ismail 2023 [5], menunjukkan bahwa pengurangan kedalaman air dapat mempercepat proses pemanasan dan penguapan. Kedalaman 1 cm menghasilkan

Muhammad Hisyam Mustawa, Abdy Nabil Ghifari Rustam, Naharina Ayutama, Zulfa Azizah, Rafa Bintang Nirwan Azzura, Nova Risdiyanto Ismail.

peningkatan produksi air suling sebesar 40,6%. Sementara itu, penelitian dari Han 2021 [6], menunjukkan bahwa penambahan partikel silikon ke dalam lapisan cat hitam pada pelat penyerap mampu meningkatkan absorptivitas radiasi matahari dan temperatur permukaan. Pendekatan lain dilakukan oleh Ekawati 2023 [7], melalui penggunaan karbon aktif sebagai adsorben untuk mengurangi kandungan ion logam dalam air laut. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas *solar still* tidak hanya ditentukan oleh besarnya energi radiasi yang diterima, tetapi juga oleh karakteristik permukaan, kedalaman air, dan sifat material penyerap yang digunakan.

Salah satu komponen yang berperan dalam meningkatkan perpindahan panas pada *solar still* adalah *fin* yang dipasang pada pelat penyerap [8]. Penambahan *fin* memperbesar luas permukaan yang bersentuhan dengan sumber panas dan air sehingga distribusi energi termal dapat berlangsung lebih efektif [9]. Dalam beberapa penelitian, *fin* umumnya dibuat dari logam, beton, atau campuran semen dan pasir besi. Material tersebut memiliki kemampuan perpindahan panas yang baik, tetapi berpotensi mengalami korosi atau memiliki karakteristik perpindahan massa yang kurang optimal. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan *fin* berbahan alami yang memiliki ketahanan terhadap korosi, kemampuan menyerap panas, dan struktur pori yang mendukung pergerakan air secara kapiler.

Media berpori merupakan material padat yang memiliki rongga yang saling berhubungan atau memiliki saluran kosong didalamnya. Ketika media berada dalam kondisi basah, udara di dalam pori digantikan oleh cairan, sehingga terbentuk lapisan air tipis dengan luas kontak yang lebih besar dibandingkan air dalam bentuk volume bebas. Kondisi tersebut dapat meningkatkan interaksi antara fluida dan material sekaligus memperpendek laju perpindahan panas menuju permukaan evaporasi [10]. Karakteristik media berpori, seperti dimensi partikel, porositas, dan konduktivitas termal menentukan kemampuan material dalam laju perpindahan massa dan panas. Porositas yang sesuai memungkinkan air bergerak ke permukaan, sementara konduktivitas termal mempercepat distribusi panas material. Kombinasi keduanya dapat meningkatkan laju evaporasi.

Penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa karakteristik media berpori berpengaruh signifikan terhadap kinerja evaporasi. Pada penelitian ismail 2019 [11], menemukan bahwa penggunaan partikel berukuran lebih kecil dapat meningkatkan konduktivitas termal dan mempercepat perpindahan panas. Media beton dengan agregat pasir besi berukuran 0,125 mm juga menghasilkan laju perpindahan panas yang lebih tinggi serta memperlihatkan hubungan antara konduktivitas termal dan kemampuan kapiler. Selanjutnya temuan Ismail 2021 [12], menunjukkan bahwa peningkatan intensitas radiasi dan salinitas dapat menaikkan temperatur permukaan serta laju evaporasi pada media berpori berbahan beton dan batu alam. Pendekatan lain dari Deo Sitompol 2021 [13], menunjukkan bahwa karbon aktif bambu betung yang dikarbonisasi pada suhu 500°C menghasilkan porositas sebesar 21,57%, jari-jari pori 3,026 μm , dan kemampuan pemompaan kapiler tertinggi. Di sisi lain, pada penelitian Ismail 2018 [10], menunjukkan bahwa material batu alam tetap dapat menghasilkan laju evaporasi tinggi meskipun konduktivitas termalnya relatif rendah karena memiliki konektivitas saluran pori yang baik. Temuan-temuan tersebut mengindikasikan bahwa laju evaporasi tidak hanya dipengaruhi oleh nilai konduktivitas termal, tetapi juga oleh distribusi, ukuran, dan hubungan pori dalam material.

Arang kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.) merupakan salah satu material lignoselulosa yang berpotensi dikembangkan sebagai media berpori pada *fin solar still*. Material ini memiliki struktur karbon berpori, kemampuan menyerap air, serta karakteristik termal yang dapat mendukung proses perpindahan panas dan evaporasi [14]. Kayu secang juga mengandung sejumlah senyawa bioaktif, terutama brazilin, yang memberikan warna merah kecokelatan ketika mengalami oksidasi atau berada dalam kondisi basa [15], [16]. Keberadaan pigmen tersebut berpotensi mendukung penyerapan energi radiasi matahari. Setelah dikarbonisasi dan dibentuk menjadi briket, karakteristik arang kayu secang dapat divariasikan melalui dimensi partikel, komposisi pengikat, dan *pressure molding*. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi kepadatan, porositas, konduktivitas termal, serta kemampuan material dalam mengalirkan air melalui gaya kapiler.

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan modifikasi pelat penyerap, ruang kondensasi, media beton, batu alam, dan karbon aktif bambu, kajian mengenai penggunaan arang kayu secang sebagai *fin* briket silinder masih terbatas. Penelitian sebelumnya juga cenderung menguji pengaruh karakteristik material secara terpisah dan belum banyak mengkaji keterkaitan antara dimensi partikel, komposisi pengikat, dan *pressure molding* terhadap porositas, konduktivitas termal, *mass flow*, *heat flow*, dan *evaporation flow* secara terpadu. Padahal, porositas yang terlalu besar dapat mengurangi kontak termal antarpartikel, sedangkan porositas yang terlalu rendah berpotensi menghambat pergerakan cairan. Oleh karena itu, dibutuhkan susunan material yang

mampu menghantarkan panas dengan baik tanpa menghambat aliran air melalui pori-porinya. Hal ini menjadi dasar pengembangan *fin* briket silinder berbahan arang kayu secang untuk menyerap panas sekaligus membawa air menuju permukaan penguapan pada sistem *solar still*.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh dimensi partikel arang kayu secang, komposisi karbon dan pengikat, serta *pressure* molding terhadap porositas dan konduktivitas termal *fin* briket silinder. Penelitian ini juga menganalisis pengaruh ketiga faktor tersebut terhadap *mass flow*, *heat flow*, dan *evaporation flow*. Tujuan pengembangan ini adalah menemukan *fin* yang dapat mendukung perpindahan panas dan massa air secara bersamaan. Hasilnya diharapkan dapat mendukung pemanfaatan biomassa sebagai material penyerap berpori.

2 Metode Penelitian

Kegiatan penelitian dimulai dari persiapan, pembuatan karbon kayu secang, pengujian porositas karbon, pengujian konduktivitas termal, pengujian *mass flow*, *heat flow*, dan *evaporation flow*.

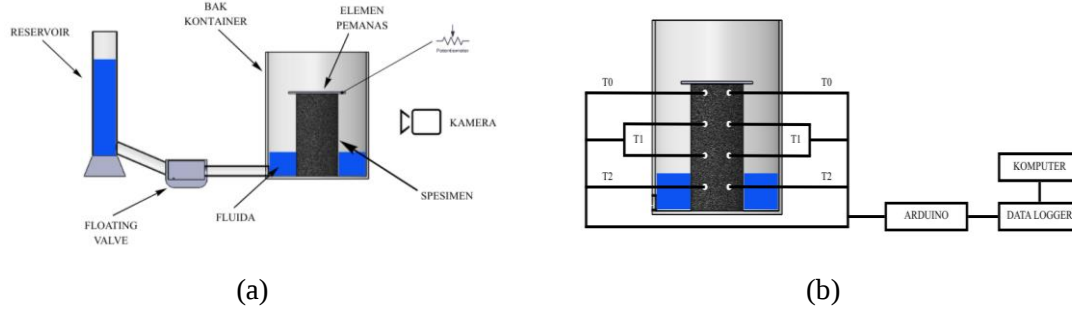
2.1 Variabel Penelitian

Penentuan variabel penelitian dilakukan melalui studi literatur dan penyesuaian dengan tujuan pengujian. Variabel bebas terdiri atas dimensi partikel arang kayu secang pada ukuran 40, 60, 80, dan 100 mesh; variasi komposisi (karbon-pengikat) sebesar 95:5, 90:10, 85:15, dan 80:20; serta variasi *pressure* molding sebesar 0,25; 0,375; 0,5 dan 0,624 MPa. Variabel terikat meliputi porositas, konduktivitas termal, laju perpindahan massa, laju perpindahan panas, dan laju evaporasi, sedangkan variabel terkontrol berupa bentuk *fin* briket silinder berdiameter 5 cm dan tinggi 10 cm. Kombinasi variabel percobaan disusun menggunakan perangkat lunak *Design-Expert* dengan pendekatan Taguchi *Orthogonal Array*. Metode Taguchi menggunakan susunan percobaan ortogonal untuk mengevaluasi pengaruh beberapa faktor dan level secara sistematis dengan jumlah percobaan yang lebih efisien dibandingkan rancangan faktorial penuh [17]. Jenis *orthogonal array* dipilih sesuai jumlah faktor dan level penelitian sehingga pengaruh setiap variabel terhadap respons dapat dianalisis serta kombinasi parameter terbaik dapat ditentukan. Dari hasil Taguchi *Orthogonal Array* didapat rencana pengambilan data pada tabel 1.

Tabel 1 Rencana Pengambilan Data Penelitian

No	Dimensi Partikel (Mesh)	Komposisi (Karbon : Pengikat)	<i>Pressure</i> Molding (MPa)
1	40	95 : 5	0,25
2		90 : 10	0,375
3		85 : 15	0,5
4		80 : 20	0,624
5	60	95 : 5	0,25
6		90 : 10	0,375
7		85 : 15	0,5
8		80 : 20	0,624
9	80	95 : 5	0,25
10		90 : 10	0,375
11		85 : 15	0,5
12		80 : 20	0,624
13	100	95 : 5	0,25
14		90 : 10	0,375
15		85 : 15	0,5
16		80 : 20	0,624

2.2 Rancangan Alat dan Bahan

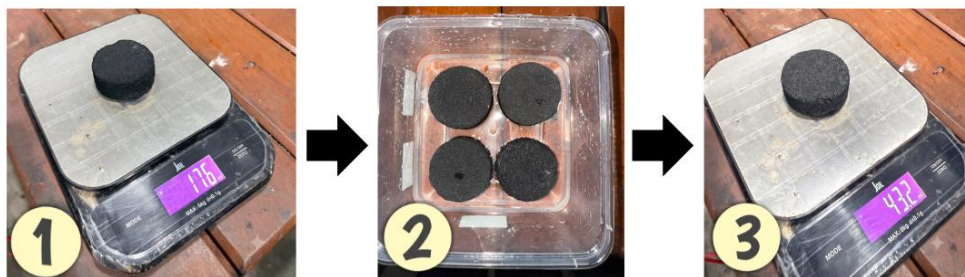


Gambar 1. (a) Desain skema alat pengujian kapilaritas (b) Set up peralatan

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan untuk pembuatan serta pengujian briket karbon kayu secang. Alat yang digunakan meliputi tungku pembakaran, saringan mesh, cetakan arang, oven, timbangan, bak kontainer, *reservoir*, *floating valve*, elemen pemanas, dan kamera. Pengukuran dilakukan menggunakan sensor termokopel tipe K dan gelas ukur 10 mL. Bahan penelitian terdiri dari kayu secang, tepung tapioka sebagai pengikat, air, dan cetakan briket, sedangkan pengujian porositas, *mass flow*, *heat flow*, dan *evaporation flow* menggunakan air sebagai bahan uji.

2.3 Prosedur Pengumpulan Data Penelitian

Prosedur pengambilan data diawali dengan melakukan *set up* peralatan serta pemeriksaan visual dan fungsional alat pengujian. Seperti gambar 2 pada pengujian porositas, sampel briket kering dipanaskan dalam oven pada temperatur 40-50 °C selama 12 jam, kemudian ditimbang untuk memperoleh massa kering. Selanjutnya, sampel direndam dalam air sampai titik jenuh untuk mengetahui kemampuan penyerapan, lalu ditimbang kembali sebagai massa basah.



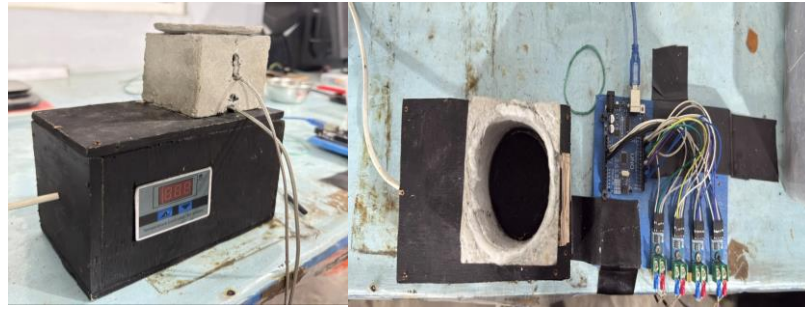
Gambar 2. Proses pengambilan data porositas material *fin*

Data yang diperoleh kemudian dihitung menggunakan persamaan (1) dari Nugroho 2010 [18].

$$\varepsilon = \frac{(m_{wet} - m_{dry}) \times \frac{1}{\rho_w}}{V} \quad (1)$$

Keterangan pada persamaan tersebut yaitu ε merupakan nilai porositas media berpori (%), m_{wet} adalah massa basah spesimen (kg), m_{dry} adalah massa kering spesimen (kg), ρ_w merupakan densitas fluida (kg/m³), dan V adalah volume spesimen (m³).

Pada pengujian konduktivitas termal, spesimen briket silinder disiapkan dan diukur dimensinya menggunakan jangka sorong. Spesimen dipastikan memiliki permukaan yang rata dan bersih, kemudian dipasang bersama sensor termokopel pada sisi sumber panas dan sisi setelah spesimen. Pengujian dilakukan dengan memberikan panas selama 10 menit hingga temperatur tercatat yang dapat dilihat pada gambar 3.



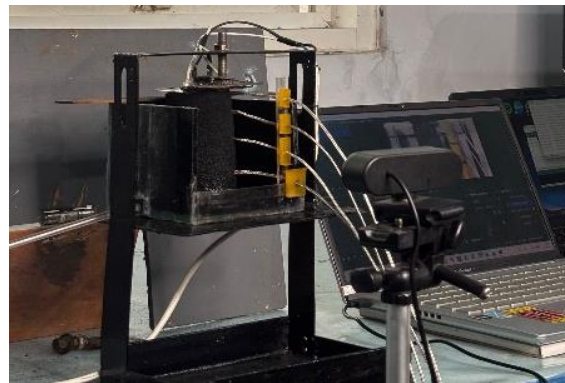
Gambar 3. Set up alat pengambilan data konduktivitas termal material *fin*

Kemudian data dihitung menggunakan persamaan konduktivitas termal. Data yang diperoleh kemudian dihitung menggunakan persamaan (2) dari Prihartono 2022 [19].

$$K = \frac{Q \times \Delta x}{A \times \Delta T} \quad (2)$$

Keterangan pada persamaan tersebut yaitu K merupakan nilai konduktivitas termal material (W/m°C), Q adalah daya sumber panas (W), Δx merupakan ketebalan material (m), A adalah luas permukaan perpindahan panas (m²), dan ΔT merupakan perbedaan temperatur pada material (°C).

Pengujian *mass flow*, *heat flow*, dan *evaporation flow* dilakukan dengan menempatkan spesimen pada bak uji yang dilengkapi termokopel dan elemen pemanas. Air dimasukkan ke dalam sistem dan ketinggiannya dijaga konstan menggunakan *floating valve*. Proses pemanasan dilakukan dengan pengaturan daya menggunakan regulator tegangan, sedangkan data temperatur, perubahan volume air, dan dokumentasi visual diperoleh melalui *data logger* dan kamera yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengambilan data karakteristik yang meliputi pengujian laju perpindahan massa, panas, dan evaporasi

Tahapan tersebut diulang untuk setiap variasi spesimen yang digunakan. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai *mass flow* menggunakan persamaan (3-5) dari Ismail 2019 [11].

$$\dot{m}_1 = \{[(L - L_s) \times A] \times \varepsilon \times \rho\} / s + Q_s / (h_{fg} + C_{pl} \times (T_0 - T_2)) \quad (3)$$

$$\dot{m}_2 = \{[(L - L_s) \times A] \times \varepsilon \times \rho\} / s + (K_{eff} \times A \times (T_0 - T_2) / L_s) / (h_{fg} + C_{pl} \times (T_0 - T_2)) \quad (4)$$

$$\dot{m}_{total} = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 \quad (5)$$

Keterangan pada persamaan tersebut yaitu L merupakan ketinggian media berpori (m), L_s adalah kenaikan kapiler maksimum (m), P_c merupakan gaya kapiler (Pa), ρ_l adalah densitas fluida (kg/m³), ε merupakan porositas media berpori (%), s adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi keseimbangan (s), A merupakan luas penampang (m²), K_{eff} adalah konduktivitas termal efektif (W/m°C), T merupakan temperatur pada titik tertentu (°C), h_{fg} adalah kalor laten penguapan (J/kg), dan C_{pl} merupakan kapasitas panas spesifik fluida (W/kg°C).

Untuk menghitung nilai *heat flow* menggunakan persamaan (6-8) dari Ismail 2019 [11].

$$Q_1 = K_{pm} \times A \times (T_0 - T_1) / (L - L_s) \quad (6)$$

$$Q_2 = K_{eff} \times A \times (T_1 - T_2) / (L - L_s) \quad (7)$$

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 \quad (8)$$

Muhammad Hisyam Mustawa, Abdy Nabil Ghifari Rustam, Naharina Ayutama, Zulfa Azizah, Rafa Bintang Nirwan Azzura, Nova Risdiyanto Ismail.

Dimana Q merupakan laju perpindahan panas (W), K_{pm} adalah konduktivitas termal media berpori ($W/m^{\circ}C$), L adalah ketinggian media berpori (m), dan L_s merupakan kenaikan kapiler maksimum (m).

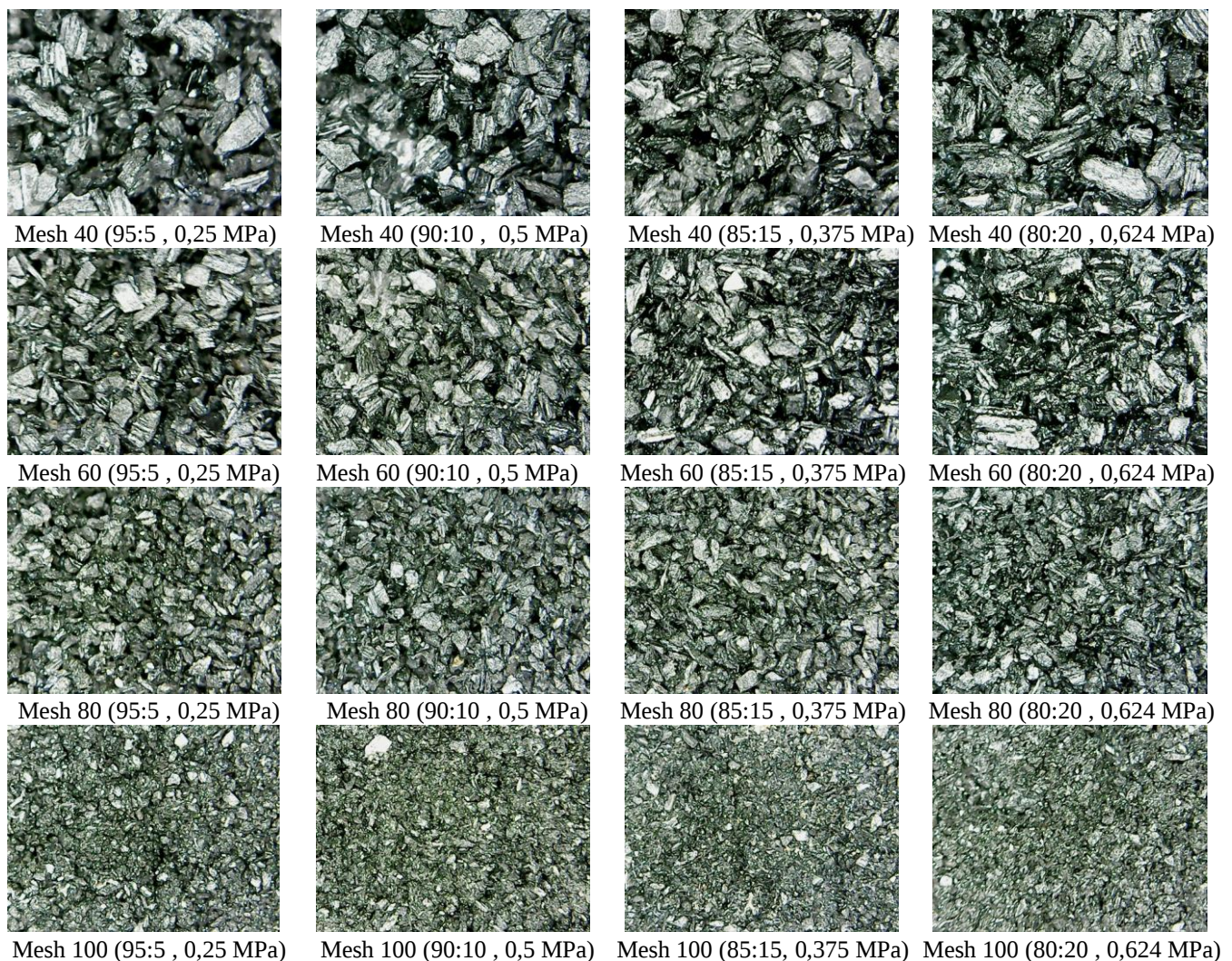
Untuk menghitung nilai *evaporation* flow menggunakan persamaan (9) dari Ismail 2019 [11].

$$\dot{m}_{evap} = \frac{\Delta V_{reservoir} + (h_{dry} \times A \times \epsilon)}{t} \times \rho_l \quad (9)$$

Keterangan pada persamaan tersebut yaitu $\dot{m}_{evap}$ merupakan laju evaporasi (kg/s), ΔV_{res} adalah perubahan volume air pada reservoir (mL), h_{dry} merupakan ketinggian air (m), A adalah luas permukaan material (m^2), ϵ merupakan porositas material (%), t adalah waktu pengujian (s), dan ρ_l adalah densitas fluida (kg/m^3).

3 Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian variasi dimensi partikel, pencampuran komposisi karbon–pengikat, dan pemberian *pressure* molding menghasilkan perbedaan struktur pori pada setiap spesimen. Dapat dilihat pada gambar 5, berdasarkan pengamatan foto mikro pembesaran 800x, spesimen dengan dimensi partikel lebih besar, komposisi pengikat lebih rendah, dan *pressure* molding kecil cenderung memiliki rongga antarpartikel yang lebih besar serta susunan material yang kurang rapat. Sebaliknya, peningkatan dimensi mesh, penambahan komposisi pengikat, dan pemberian *pressure* molding yang lebih tinggi menghasilkan struktur material yang semakin padat dan homogen. Partikel yang lebih halus mampu mengisi ruang kosong antarpartikel, sedangkan bahan pengikat memperkuat ikatan antarpartikel karbon. *pressure* molding juga meningkatkan kontak antarpartikel sehingga ukuran dan jumlah pori berkurang. Struktur paling berpori diperoleh pada variasi 40 mesh, komposisi karbon–pengikat 95:5, dan *pressure* molding 0,25 MPa, sedangkan struktur paling padat diperoleh pada 100 mesh, komposisi briket–pengikat 80:20, dan *pressure* molding 0,624 MPa.

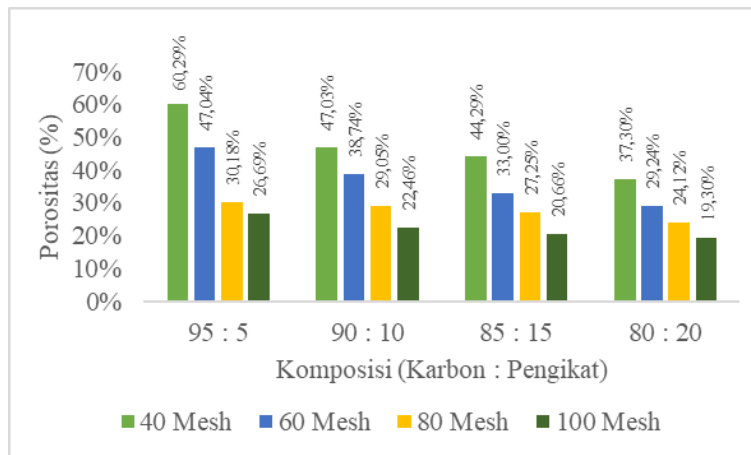


Gambar 5. Foto mikro pembesaran x800 briket kayu secang dengan berbagai variasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi dimensi partikel, komposisi karbon–pengikat, dan *pressure* molding memengaruhi porositas, konduktivitas termal, perpindahan massa, perpindahan panas, serta laju evaporasi *fin* briket silinder berbahan arang kayu secang.

3.1 Porositas

Dilihat dari gambar 6, terjadi penurunan nilai porositas seiring peningkatan komposisi briket–pengikat dan *pressure* molding dari 95:5 dengan *pressure* 0,25 MPa hingga 80:20 dengan 0,624 MPa pada seluruh variasi dimensi partikel. Porositas tertinggi diperoleh pada partikel 40 mesh, yaitu 60,29% pada komposisi briket–pengikat 95:5 dengan *pressure* molding 0,25 MPa dan menurun menjadi 37,30% pada komposisi 80:20 dengan 0,625 MPa. Sementara porositas terendah terjadi pada partikel 100 mesh sebesar 26,69% pada komposisi briket–pengikat 95:5 dengan *pressure* molding 0,25 MPa menjadi 19,30% pada komposisi briket–pengikat 80:20 dengan *pressure* molding 0,624 MPa.

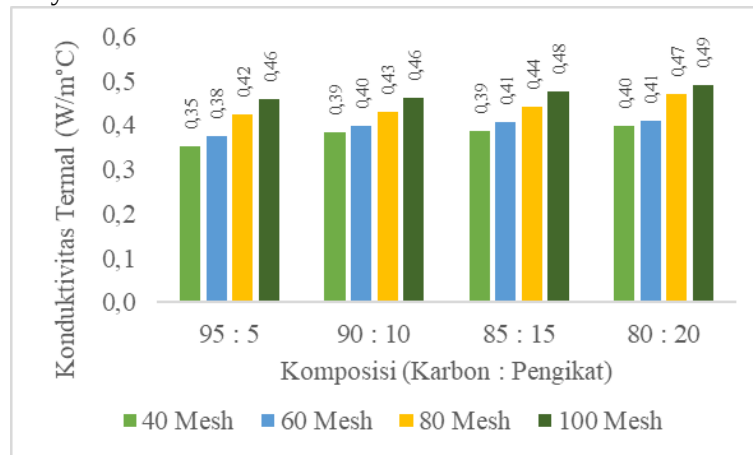


Gambar 6. Porositas material *fin*

Pada gambar 6, terlihat bahwa peningkatan jumlah pengikat menyebabkan berkurangnya rongga (*void*) dalam material, sehingga nilai porositas semakin rendah [17]. Nilai porositas tertinggi sebesar 60,29% terjadi pada komposisi briket–pengikat 95:5 dengan dimensi partikel 40 mesh dan *pressure* molding 0,25 MPa. Hal ini disebabkan oleh rendahnya kandungan pengikat, ukuran partikel besar, dan *pressure* molding rendah yang menyebabkan pengisian ruang antarpartikel kurang optimal, sehingga terbentuk lebih banyak *void*. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian dari Zulham 2023 [20], dimana semakin kecil nilai meshingnya (material kasar), maka semakin tinggi nilai porositasnya. Sebaliknya, porositas terendah sebesar 19,30% diperoleh pada dimensi partikel 100 mesh dengan komposisi briket–pengikat 80:20 dan *pressure* molding 0,624 MPa. Ukuran partikel kecil, *pressure* tinggi, dan kandungan pengikat lebih banyak mampu mengisi celah antarpartikel, sehingga struktur material lebih padat.

3.2 Konduktivitas Termal

Pada gambar 7, terjadi peningkatan nilai konduktivitas termal seiring dengan peningkatan komposisi pengikat dan *pressure* molding dari 95:5 dengan *pressure* 0,25 MPa hingga 80:20 dengan 0,624 MPa pada seluruh variasi dimensi partikel. Konduktivitas termal tertinggi diperoleh pada partikel 100 mesh, yaitu dari 0,49 W/m°C pada komposisi briket–pengikat 80:20 dengan *pressure* molding 0,624 MPa menjadi 0,46 W/m°C pada komposisi briket–pengikat 95:5 dengan *pressure* molding 0,25 MPa, sedangkan konduktivitas termal terendah terjadi pada partikel 40 mesh, yaitu dari 0,40 W/m°C pada komposisi briket–pengikat 80:20 dengan *pressure* molding 0,624 MPa menjadi 0,35 W/m°C pada komposisi briket–pengikat 95:5 dengan *pressure* molding 0,25 MPa.

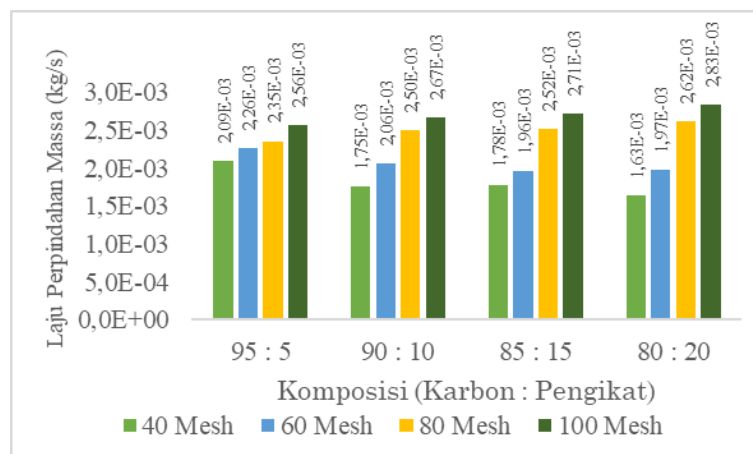


Gambar 7. Konduktivitas termal material *fin*

Pada gambar 7, menunjukkan bahwa peningkatan *pressure* molding dapat meningkatkan konduktivitas termal karena berkurangnya rongga (*void*) dan meningkatnya kerapatan antarpartikel, sehingga perpindahan panas menjadi lebih efektif. Temuan yang diperoleh pada penelitian ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bima 2024 [21], bahwa semakin kecil porositas atau struktur pori, maka semakin besar nilai konduktivitas termalnya. Pada dimensi partikel 100 mesh dengan komposisi briket-pengikat 80:20 dan *pressure* molding 0,624 MPa, nilai konduktivitas termal tertinggi mencapai 0,49 W/m°C. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel yang lebih kecil, *pressure* molding tinggi, serta kandungan karbon yang lebih besar, sehingga kontak antarpartikel menjadi lebih rapat dan jalur perpindahan panas lebih efektif. Sebaliknya, dimensi partikel 40 mesh dengan komposisi briket-pengikat 95:5 dan *pressure* molding 0,25 MPa memiliki konduktivitas termal lebih rendah dengan nilai 0,35 W/m°C kondisi ini di sebabkan oleh ukuran partikel besar yang berefek pada besarnya dimensi pori, sehingga dapat menghambat aliran panas. Dengan demikian, semakin kecil ukuran partikel briket, meningkatnya jumlah pengikat pada komposisi briket-pengikat dan semakin tingginya *pressure* molding, maka semakin struktur material semakin padat, sehingga dapat meningkatkan nilai konduktivitas termal.

3.3 Laju Perpindahan Massa (*Mass Flow*)

Pada gambar 8, terlihat perbedaan laju perpindahan massa yang dipengaruhi oleh dimensi partikel dan komposisi karbon-pengikat. Nilai tertinggi terjadi pada dimensi briket 100 mesh, meningkat dari $2,56 \times 10^{-3}$ kg/s pada komposisi karbon-pengikat 95:5 dengan *pressure* molding 0,25 MPa menjadi $2,83 \times 10^{-3}$ kg/s pada komposisi karbon-pengikat 80:20 dengan *pressure* molding 0,624 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada dimensi 40 mesh, menurun dari $2,09 \times 10^{-3}$ kg/s pada komposisi karbon-pengikat 80:20 dengan *pressure* molding 0,624 MPa menjadi $1,63 \times 10^{-3}$ kg/s pada komposisi karbon-pengikat 95:5 dengan *pressure* molding 0,25 MPa.

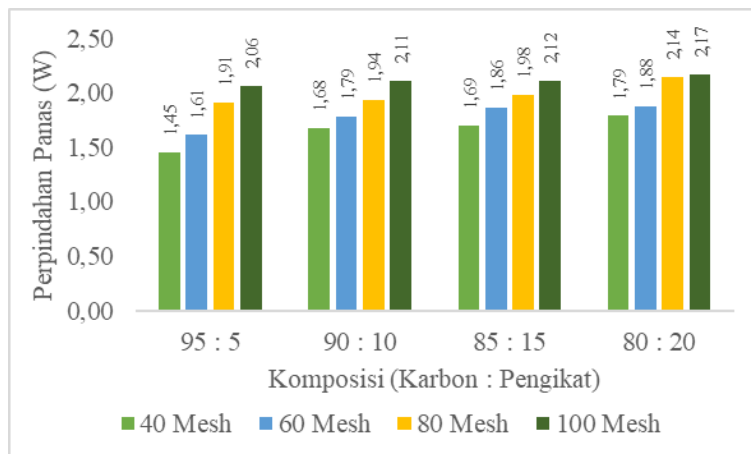


Gambar 8. Laju perpindahan massa material *fin*

Pada gambar 8. menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel (mesh tinggi), semakin baik kemampuan material dalam menghasilkan laju perpindahan massa. Pada dimensi partikel 100 mesh dengan komposisi karbon-pengikat 80:20 dan *pressure molding* 0,624 MPa, laju perpindahan massa tertinggi mencapai $2,83\text{E-}03$ kg/s. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel yang lebih halus dan *pressure molding* tinggi yang menghasilkan struktur material lebih padat dengan pori yang lebih kecil. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Ismail 2018 [10] yang menunjukkan bahwa dimensi pori yang lebih kecil dapat menghasilkan gaya kapiler yang lebih besar, sehingga meningkatkan penyerapan dan perpindahan massa air serta mendukung pembentukan lapisan tipis (*thin film*) pada permukaan media berpori. Sebaliknya, dimensi partikel 40 mesh menghasilkan laju perpindahan massa lebih rendah karena ukuran partikel besar menyebabkan terbentuknya lebih besar rongga yang menghambat perpindahan massa. Dengan demikian, semakin kecil ukuran partikel dan semakin tinggi *pressure molding*, maka semakin padat struktur material, sehingga laju perpindahan massa meningkat.

3.4 Laju Perpindahan Panas (Heat Flow)

Pada gambar 9, terjadi peningkatan nilai laju perpindahan panas total (Q_{total}) seiring bertambahnya komposisi karbon-pengikat dari 95:5 hingga 80:20 pada seluruh variasi dimensi partikel. Nilai tertinggi diperoleh pada dimensi partikel 100 mesh, meningkat dari 2,06 W pada komposisi karbon-pengikat 95:5 dengan *pressure molding* 0,25 MPa menjadi 2,17 W pada komposisi karbon-pengikat 80:20 dengan *pressure molding* 0,624 MPa, sedangkan nilai terendah terjadi pada dimensi 40 mesh, yaitu dari 1,45 W pada komposisi karbon-pengikat 95:5 dengan *pressure molding* 0,25 MPa menjadi 1,79 W komposisi karbon-pengikat 80:20 dengan *pressure molding* 0,624 MPa.



Gambar 9. Laju perpindahan panas material *fin*

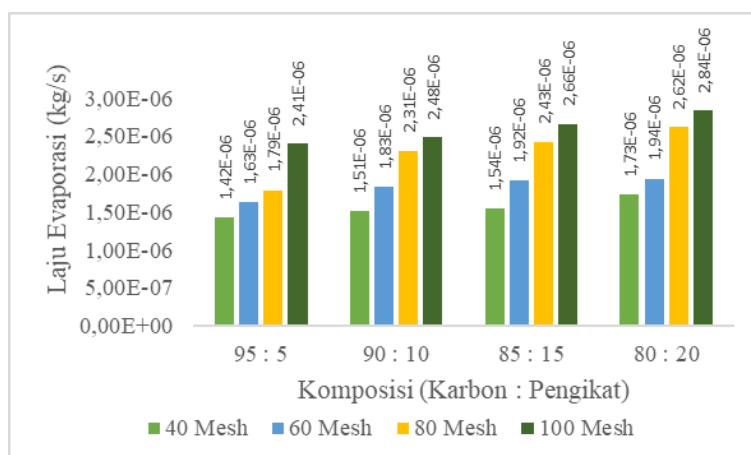
Pada gambar 9, menunjukkan bahwa peningkatan kandungan pengikat dapat memperbaiki kerapatan material, sehingga kemampuan penghantaran panas semakin meningkat. Nilai laju perpindahan panas terendah sebesar 1,45 W terjadi pada dimensi partikel 40 mesh dengan komposisi karbon-pengikat 95:5 dan *pressure molding* 0,25 MPa. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel yang lebih besar, kandungan pengikat rendah, serta *pressure molding* yang kecil, sehingga menghasilkan kerapatan material rendah dan masih terdapat rongga udara yang menghambat perpindahan panas. Sebaliknya, nilai tertinggi sebesar 2,17 W diperoleh pada dimensi partikel 100 mesh dengan komposisi karbon-pengikat 80:20 dan *pressure molding* 0,624 MPa. Kombinasi ukuran partikel kecil, kandungan pengikat tinggi, dan *pressure molding* besar mampu meningkatkan pemadatan material, memperkecil pori, serta memperluas kontak antarpartikel, sehingga terbentuk laju perpindahan panas yang lebih efektif. Dari penelitian martinez 2020 [22], menunjukkan bahwa variasi kandungan pengikat memengaruhi konduktivitas termal yang menghasilkan peningkatan pada laju perpindahan panas media berpori dikarenakan pengikat mengubah kontak antarpartikel dan struktur jaringan pori menjadi lebih padat.

3.5 Laju Evaporasi (Evaporation Flow)

Pada gambar 10, terjadi peningkatan laju evaporasi seiring bertambahnya komposisi karbon-pengikat dari 95:5 hingga 80:20 pada seluruh variasi dimensi partikel. Nilai tertinggi diperoleh pada dimensi partikel 100

Muhammad Hisyam Mustawa, Abdy Nabil Ghifari Rustam, Naharina Ayutama, Zulfa Azizah, Rafa Bintang Nirwan Azzura, Nova Risdiyanto Ismail.

mesh, meningkat dari $2,41 \times 10^{-6}$ kg/s pada komposisi karbon-pengikat 95:5 dengan *pressure* molding 0,25 MPa menjadi $2,84 \times 10^{-6}$ kg/s pada komposisi karbon-pengikat 80:20 dengan *pressure* molding 0,624 MPa, sedangkan nilai terendah terjadi pada dimensi 40 mesh, yaitu dari $1,42 \times 10^{-6}$ kg/s pada komposisi karbon-pengikat 95:5 dengan *pressure* molding 0,25 MPa menjadi $1,73 \times 10^{-6}$ kg/s pada komposisi 80:20 dengan *pressure* molding 0,624 MPa.



Gambar 10. Laju evaporasi material *fin*

Terlihat pada gambar 10 yang menunjukkan bahwa peningkatan komposisi karbon-pengikat dan dimensi partikel yang lebih kecil mampu meningkatkan kerapatan serta kemampuan material dalam menyalurkan panas, sehingga proses evaporasi meningkat. Nilai laju evaporasi terendah sebesar $1,42 \times 10^{-6}$ kg/s terjadi pada dimensi partikel 40 mesh dengan komposisi karbon-pengikat 95:5 dan *pressure* molding 0,25 MPa. Hal ini disebabkan oleh dimensi partikel besar, komposisi pengikat rendah, dan *pressure* molding rendah yang menghasilkan kerapatan material rendah, sehingga masih terdapat rongga yang menghambat laju perpindahan panas serta memperlambat gaya kapiler. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian dari Ismail 2020 [23], dimana semakin kecil nilai porositas dan nilai konduktivitas termal tinggi dapat meningkatkan laju evaporasi. Sebaliknya, nilai tertinggi sebesar $2,84 \times 10^{-6}$ kg/s diperoleh pada dimensi partikel 100 mesh dengan komposisi karbon-pengikat 80:20 dan *pressure* molding 0,624 MPa. Kombinasi dimensi partikel kecil, jumlah pengikat tinggi pada komposisi karbon-pengikat, dan *pressure* molding besar dapat meningkatkan kerapatan material dan memperkecil dimensi pori, meningkatkan gaya kapiler, membentuk lapisan tipis fluida (*thin film*), serta meningkatkan laju perpindahan panas, sehingga dapat meningkatkan laju evaporasi.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, variasi dimensi partikel, komposisi karbon-pengikat, dan *pressure* molding dapat mempengaruhi porositas, konduktivitas termal, laju perpindahan massa, laju perpindahan panas, dan laju evaporasi pada *fin* briket silinder berbahan arang kayu secang. Penggunaan Variasi dimensi partikel 100 mesh dengan komposisi karbon-pengikat 80:20 dan *pressure* molding 0,624 MPa menghasilkan porositas terendah sebesar 19,30%, konduktivitas termal tertinggi sebesar 0,49 W/m°C, laju perpindahan massa tertinggi sebesar $2,83 \times 10^{-3}$ kg/s, laju perpindahan panas tertinggi sebesar 2,17 W, dan laju evaporasi tertinggi sebesar $2,84 \times 10^{-6}$ kg/s dibandingkan dengan variasi yang lain. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *fin* briket berbasis arang kayu secang memiliki potensi sebagai material pelat penyerap sirip berpori untuk meningkatkan kinerja *solar still*.

5 Ucapan Terima Kasih

Kami selaku tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada PDDIKTI yang telah membiayai penelitian ini, melalui kegiatan PKM-RE dengan kontrak nomor: 289/SPPK/PKM/KM/LL7/2026

6 Referensi

- [1] P. Suwandono and N. R. Ismail, "Pengaruh Bentuk Permukaan Absorber Pelat Terhadap Produktivitas dan Efisiensi Solar Still," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 2, no. 02, pp. 25–30, 2019, doi: 10.33795/jetm.v2i02.42.
- [2] N. C. Monintja and K. A. Lempoy, "Destilasi air bersih di pesisir pantai Kelurahan Tongkeina Kecamatan Bunaken

- Kota Manado,” *J. Tekno Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 51–53, 2021.
- [3] H. Ambarita, “Rancang Bangun Alat Desalinasi Air Laut Sistem Vakum Alami Dengan Tenaga Surya,” *J. Flywheel*, vol. 9, no. 1, pp. 37–42, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/flywheel/article/view/2558>
- [4] J. Wiener, M. Z. Khan, and K. Shah, “Performance enhancement of the solar still using textiles and polyurethane rollers,” *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–14, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-55948-z.
- [5] N. R. Ismail, D. Hermawan, P. Suwandono, and L. H. Wicaksono, “Investigation of Performance of Stone Fin Solar Still Absorber by Water Depth Variations,” *Aceh Int. J. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 2, pp. 159–170, 2023, doi: 10.13170/aijst.12.2.27188.
- [6] S. S. Han *et al.*, “Silicon particles/black paint coating for performance enhancement of solar absorbers,” *Energies*, vol. 14, no. 21, 2021, doi: 10.3390/en14217140.
- [7] Y. Ekawati, I. N. G. Wardana, O. Novareza, P. H. Setyarini, and R. Alfanaar, “The role of lime juice in improving the performance of basic sites on activated carbon surfaces in sulfate ion adsorption in seawater,” *J. King Saud Univ. - Sci.*, vol. 35, no. 6, p. 102788, 2023, doi: 10.1016/j.jksus.2023.102788.
- [8] D. H. Dadang, N. R. Ismail, P. Suwandono, and F. Dwi Anggraeni, “Pengaruh Penambahan Media Pendingin Nitrogen Pada Dinding untuk Meningkatkan Kinerja Solar Still Double Slope (Energi Dan Eksergi),” *J. Flywheel*, vol. 14, no. 2, pp. 19–28, 2023, doi: 10.36040/flywheel.v14i2.7318.
- [9] R. Kumar, L. Kumar, N. H. Mirjat, and K. Harijan, “CFD simulation of modified solar still for effective condensation and evaporation: energy and exergy analysis,” *Front. Water*, vol. 6, no. July, pp. 1–14, 2024, doi: 10.3389/frwa.2024.1436169.
- [10] N. R. Ismail, S. Sudjito, D. Widhiyanuriyawan, and W. Wijayanti, “The Influence of Pores Size and Aggregate on Liquid Mass Transfer in Porous Media,” *J. Eng. Appl. Sci.*, pp. 1–9, 2018.
- [11] N. Ismail, S. Soeparman, D. Widhiyanuriyawan, and W. Wijayanti, “The influence of pores size and type of aggregate on capillary heat and mass transfer in porous,” *J. Appl. Eng. Sci.*, vol. 17, no. 1, pp. 8–17, 2019, doi: 10.5937/jaes17-18090.
- [12] N. R. Ismail, S. Soeparman, D. Widhiyanuriyawan, and W. Wijayanti, “The effect of water salinity and radiation intensity to the temperature distribution and evaporation rate inside porous media,” *Teh. Vjesn.*, vol. 28, no. 2, pp. 379–384, 2021, doi: 10.17559/TV-20191023092006.
- [13] igbasus Deo Sitompul, M. Sucipta, and H. Wijaksana, “Studi Eksperimental Karakteristik Capillary Pumping Head Pada Variasi Temperatur Karbonisasi Karbon Aktif Bambu Betung,” vol. 9, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [14] S. Supriya, V. S. Bhat, T. J. Jayeoye, T. Rujiralai, K. F. Chong, and G. Hegde, “An investigation on temperature-dependant surface properties of porous carbon nanoparticles derived from biomass,” *J. Nanostructure Chem.*, vol. 12, no. 4, pp. 495–511, 2022, doi: 10.1007/s40097-021-00427-4.
- [15] O. Rina, “Identifikasi Senyawa Aktif dalam Ekstrak Etanol Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.),” *Pros. Semirata FMIPA Univ. Lampung*, pp. 215–218, 2018.
- [16] Z. Ulma, E. Rahayuningsih, and T. D. Wahyuningsih, “Pengaruh Katalis NaOH Terhadap Proses Metilasi Senyawa Brazilein Pada Ekstrak Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* linn),” *J. Tek. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2022, doi: 10.25047/jteta.v1i1.6.
- [17] V. Silva, *Statistical Approaches With Emphasis on Design of Experiments Applied to Chemical Processes*. InTech. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=QemPDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA137&dq=taguchi&ots=MRYMjY3vXI&sig=DzKOVh2qR_jxoE43HU9bSFpGTemM&redir_esc=y#v=onepage&q=taguchi&f=false
- [18] E. H. Nugroho, “Analisis porositas dan permeabilitas beton dengan bahan tambah fly ash untuk perkerasan kaku (rigid pavement),” *Ph.D Thesis, Sebel. Maret Univ.*, 2010.
- [19] J. Prihartono and R. Irhamsyah, “Analisis Konduktivitas Termal pada Material Logam (Tembaga, Alumunium dan Besi),” *J. Tek. Mesin Presisi*, vol. 24, no. 2, pp. 49–54, 2022.
- [20] M. Zulham, Liliana, and Frieda, “Porositas Beton Berpori Dengan Agregat Kasar Buatan Dari Limbah Plastik Pet,” *J. TRANSUKMA*, vol. 5, no. 2, pp. 168–174, 2023.
- [21] B. Kusuma, A. Prastianto, G. Rubiono, and I. Qiram, “Studi Karakteristik Porositas dan Sifat Termal pada Komposit Styrofoam,” vol. xx, no. September, 2024.
- [22] D. Martinez, C. Bate, and G. Manogharan, “Towards Functionally Graded Sand Molds for Metal Casting: Engineering Thermo-mechanical Properties Using 3D Sand Printing,” *JOM*, vol. 72, no. 3, pp. 1340–1354, 2020, doi: 10.1007/s11837-019-03975-x.
- [23] N. R. Ismail, S. Soeparman, D. Widhiyanuriyawan, and W. Wijayanti, “Temperature Distribution and Evaporation Rate in Porous Media,” *J. Southwest Jiaotong Univ.*, vol. 55, no. 3, pp. 1–12, 2020, doi: 10.35741/issn.0258-2724.55.3.28.