



***Material Driven Design* untuk Pengelolaan Bambu Strip melalui Variasi Durasi Pengasapan Sulfur**

Adelia Erwina, R. Moch. Rizal Hafiyan, Handayani Madania Insani

Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

*Correspondence E-mail: adeliaerwina28@upi.edu

ABSTRAK

Bambu strip merupakan material antara (*intermediate material*) yang banyak digunakan dalam produksi bambu laminasi untuk berbagai produk, seperti *kitchenware*, *homeware*, dan *furniture*. Selama penyimpanan, material ini rentan mengalami pertumbuhan jamur yang dapat menurunkan kualitas visual serta memengaruhi pengelolaan material dalam proses desain dan produksi. Penelitian ini bertujuan menganalisis respons bambu strip terhadap variasi durasi pengasapan sulfur menggunakan pendekatan *Material Driven Design* (MDD) untuk menghasilkan pertimbangan dalam pengelolaan material. Penelitian menggunakan metode eksperimen terhadap bambu strip bambu gombong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) dengan variasi durasi pengasapan selama 2, 4, 6, dan 8 jam, masing-masing terdiri atas dua sampel. Pertumbuhan jamur diamati secara visual menggunakan skala 0–4 selama 20 hari penyimpanan, disertai pengukuran kadar air, suhu, dan kelembapan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh sampel belum mengalami pertumbuhan jamur hingga hari ke-5. Kemunculan jamur pada durasi pengasapan 2, 4, dan 6 jam terjadi pada hari ke-6 hingga ke-7, sedangkan pada durasi 8 jam baru terjadi pada hari ke-8. Selain itu, kadar air awal yang lebih tinggi berkaitan dengan kemunculan jamur yang lebih cepat. Temuan ini menunjukkan bahwa durasi pengasapan sulfur dapat menjadi dasar dalam strategi pengelolaan bambu strip, khususnya untuk menentukan prioritas penyimpanan dan penggunaan material pada proses desain serta produksi produk berbasis bambu.

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 5 Des 2025

Direvisi 24 Jan 2026

Disetujui 25 Jan 2026

Diterbitkan 20 Feb 2026

Kata Kunci:

Material Driven Design,
bambu strip,
desain produk,
pengasapan sulfur,
pengelolaan material.

1. PENDAHULUAN

Bambu merupakan material alami yang banyak dimanfaatkan dalam industri kerajinan karena pertumbuhannya cepat, ketersediaannya melimpah, serta memiliki sifat mekanik yang baik sebagai alternatif pengganti kayu (Hartono dkk., 2022). Salah satu bentuk pengolahannya adalah bambu strip yang digunakan sebagai material utama pada produk bambu laminasi, seperti *kitchenware*, *homeware*, dan *furniture*. Dalam proses produksinya, bambu strip umumnya mengalami tahap penyimpanan sebelum memasuki proses manufaktur lanjutan sehingga kualitas material selama masa penyimpanan menjadi faktor yang perlu diperhatikan.

Selama masa penyimpanan, bambu strip masih berisiko mengalami pertumbuhan jamur yang dapat menurunkan kualitas visual permukaan material. Dalam konteks desain produk, kondisi tersebut tidak hanya memengaruhi nilai estetika, tetapi juga memengaruhi proses *material selection*, kualitas produk akhir, dan kelayakan material untuk digunakan pada tahap produksi berikutnya (Widyaningsih, 2020). Kondisi tersebut juga ditemukan pada salah satu industri kerajinan bambu di Tasikmalaya, yaitu Kiwari Bamboe, yang menggunakan bambu strip sebagai material utama. Meskipun telah melalui proses pengasapan sulfur sebagai perlakuan awal, kemunculan jamur masih ditemukan selama masa penyimpanan material.

Dalam praktik pengolahan bambu, berbagai teknik pengawetan dilakukan untuk meningkatkan ketahanan material terhadap organisme perusak, termasuk jamur (Wardiha dkk., 2018). Salah satu metode yang banyak digunakan adalah pengasapan sulfur, yang menghasilkan gas sulfur dioksida (SO_2) dengan sifat antimikroba sehingga mampu menghambat aktivitas mikroorganisme pada material organik (Carter dkk., 2015; Guan dkk., 2023; Xu dkk., 2025). Oleh karena itu, pengasapan sulfur telah banyak dimanfaatkan sebagai perlakuan awal untuk meningkatkan ketahanan material selama penyimpanan.

Meskipun demikian, penelitian terdahulu umumnya lebih menitikberatkan pada efektivitas sulfur sebagai bahan pengawet atau pengendali mikroorganisme pada material organik. Kajian yang secara khusus membandingkan variasi durasi pengasapan sulfur terhadap pertumbuhan jamur pada bambu strip selama masa penyimpanan masih sangat terbatas. Selain itu, penelitian yang menghubungkan hasil eksplorasi material tersebut dengan pengelolaan material dalam proses produksi desain produk juga belum banyak dilaporkan. Akibatnya, belum tersedia acuan mengenai durasi pengasapan sulfur yang dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan bambu strip sebelum memasuki proses produksi.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respons bambu strip terhadap variasi durasi pengasapan sulfur melalui pengamatan kemunculan dan perkembangan jamur selama masa penyimpanan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menitikberatkan pada efektivitas sulfur sebagai bahan pengawet, penelitian ini mengeksplorasi respons material bambu strip sebagai *intermediate material* dalam proses produksi menggunakan pendekatan *Material Driven Design* (MDD). Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi berupa dasar pertimbangan dalam pengelolaan material bambu strip untuk mendukung perencanaan penyimpanan dan prioritas penggunaan material pada proses produksi berbasis bambu.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan *Material Driven Design* (MDD) yang dikembangkan oleh Karana dkk. (2021). Pendekatan ini digunakan untuk memahami respons material bambu strip terhadap perlakuan pengasapan sulfur melalui variasi durasi pengasapan. Fokus penelitian tidak diarahkan pada perancangan produk, melainkan pada eksplorasi karakter material berdasarkan perubahan kondisi permukaan yang ditunjukkan melalui pertumbuhan jamur selama masa penyimpanan.

Tahapan MDD yang diterapkan meliputi *understanding the material*, *creating material experience vision*, *manifesting material experience patterns*, dan *designing material concepts* (Karana dkk., 2018). Dalam penelitian ini, tahapan tersebut digunakan sebagai kerangka untuk memahami karakter awal bambu strip, melakukan eksplorasi perlakuan pengasapan sulfur, mengamati respons material, serta menginterpretasikan implikasi hasil terhadap pengelolaan material bambu dalam proses produksi.

Material penelitian berupa bambu strip jenis bambu gombong (*Gigantochloa pseudoarundinacea*) berukuran 40 cm × 2,5 cm yang diperoleh dari Kiwari Bamboe sebagai material produksi bambu laminasi. Pengasapan dilakukan menggunakan sulfur sebanyak 80 gram di dalam *glass box* pengasapan. Kadar air awal material diukur menggunakan *moisture meter* sebelum proses pengasapan dilakukan.



Gambar 1. Bambu Strip

Eksperimen dilakukan menggunakan satu kali pembakaran sulfur sebanyak 80 gram di dalam *glass box*. Sampel bambu strip dikeluarkan secara bertahap setelah mengalami pengasapan selama 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Setiap variasi durasi terdiri atas dua sampel bambu strip.

Setelah proses pengasapan selesai, seluruh sampel disimpan selama 20 hari di dalam ruang tertutup dengan posisi berjajar tanpa penumpukan untuk meminimalkan pengaruh kontak antarpermukaan material. Pengamatan dilakukan setiap hari pada waktu yang relatif konsisten, yaitu pukul 20.00–20.32 WIB. Selama masa penyimpanan dilakukan pencatatan suhu ruang, kelembapan relatif (*relative humidity*/RH), serta kadar air (*moisture content*) material sebagai kondisi lingkungan yang menyertai pertumbuhan jamur.



Gambar 2. Proses Pengasapan

Pertumbuhan jamur diamati menggunakan metode observasi visual selama 20 hari. Tingkat pertumbuhan jamur dinilai menggunakan skala visual 0–4 berdasarkan luas penyebaran jamur pada permukaan bambu strip. Untuk meningkatkan konsistensi penilaian, setiap kategori skala dilengkapi dengan foto representatif yang menunjukkan kondisi permukaan material pada masing-masing tingkat pertumbuhan.

Tabel 1. Skala Penilaian Pertumbuhan Jamur pada Bambu Strip

Foto	Skala	Deskripsi Kondisi Permukaan
	0	Permukaan bersih dan tidak terlihat pertumbuhan jamur.
	1	Muncul bintik-bintik kecil jamur yang terpisah pada beberapa titik permukaan.
	2	Bintik-bintik jamur mulai bertambah dan Sebagian mulai menyatu membentuk area kecil.
	3	Jamur terlihat menyebar dan mulai dominan pada beberapa area permukaan.

Foto	Skala	Deskripsi Kondisi Permukaan
	4	Jamur mendominasi dan menutupi sebagian besar permukaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

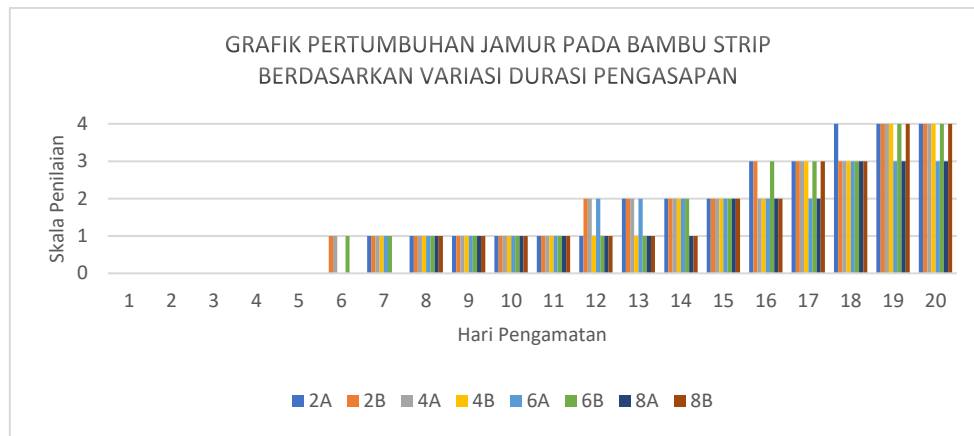
3.1 Pertumbuhan Jamur pada Bambu Strip Berdasarkan Variasi Durasi Pengasapan

Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan pertumbuhan jamur pada bambu strip setelah perlakuan variasi durasi pengasapan sulfur selama 20 hari penyimpanan. Kemunculan dan perkembangan jamur diamati menggunakan skala visual 0–4 pada setiap sampel.

Tabel 2. Matriks Pertumbuhan Jamur Bambu Strip

Hari Ke-	Kode Sampel							
	2A	2B	4A	4B	6A	6B	8A	8B
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	1	1	0	0	1	0	0
7	1	1	1	1	1	1	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	2	2	1	2	1	1	1
13	2	2	2	1	2	1	1	1
14	2	2	2	2	2	2	1	1
15	2	2	2	2	2	2	2	2
16	3	3	2	2	2	3	2	2
17	3	3	3	3	2	3	2	3
18	4	3	3	3	3	3	3	3
19	4	4	4	4	3	4	3	4
20	4	4	4	4	3	4	3	4

Pola pertumbuhan jamur pada setiap variasi durasi pengasapan disajikan secara visual pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pertumbuhan Jamur

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 3, seluruh sampel masih berada pada skala 0 hingga hari ke-5, yang menunjukkan bahwa belum terjadi pertumbuhan jamur pada fase awal penyimpanan. Perbedaan mulai terlihat pada hari ke-6 hingga ke-8. Sampel dengan durasi pengasapan 2 jam, 4 jam, dan 6 jam mulai menunjukkan kemunculan jamur pada hari ke-6 hingga ke-7, sedangkan pada durasi pengasapan 8 jam, kemunculan jamur baru terjadi pada hari ke-8. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama durasi pengasapan sulfur, semakin lambat kemunculan awal jamur pada permukaan bambu strip (Jia dkk., 2023).

Perbedaan tersebut tidak hanya terlihat pada waktu kemunculan awal, tetapi juga pada laju perkembangan jamur selama masa penyimpanan. Sampel dengan durasi pengasapan 2 jam menunjukkan peningkatan skala pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya, sedangkan durasi pengasapan 8 jam memperlihatkan peningkatan yang lebih lambat hingga pertengahan masa pengamatan. Meskipun seluruh sampel mengalami peningkatan pertumbuhan jamur hingga akhir periode penyimpanan, kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa durasi pengasapan yang lebih lama mampu menunda pertumbuhan jamur pada fase awal penyimpanan.

Fenomena tersebut diduga berkaitan dengan lamanya paparan gas sulfur dioksida (SO_2) yang dihasilkan selama proses pengasapan. Sulfur dioksida diketahui memiliki aktivitas antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan kapang dan mikroorganisme pada material organik melalui gangguan terhadap aktivitas metabolisme sel. Semakin lama material terpapar gas sulfur dioksida, semakin besar peluang terbentuknya efek penghambatan pada permukaan bambu sehingga pertumbuhan jamur pada fase awal penyimpanan menjadi lebih lambat (Xu dkk., 2025).

Namun demikian, seluruh perlakuan tetap menunjukkan peningkatan pertumbuhan jamur hingga akhir masa pengamatan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pengasapan sulfur tidak menghilangkan potensi pertumbuhan jamur secara permanen, tetapi berperan dalam memperlambat kemunculannya. Dengan demikian, variasi durasi pengasapan lebih tepat dipandang sebagai upaya untuk memperpanjang waktu simpan awal material sebelum bambu strip memasuki proses produksi berikutnya daripada sebagai metode yang sepenuhnya mencegah pertumbuhan jamur.

3.2 Kondisi Lingkungan Selama Pengamatan

Selama periode pengamatan, bambu strip disimpan pada suhu ruang berkisar 24,8°C–29,7°C dengan kelembapan relatif (*relative humidity*/RH) sebesar 68%–81%. Pengukuran dilakukan secara konsisten pada malam hari, sekitar pukul 20.00–20.32 WIB. Kondisi tersebut selaras dengan pernyataan Huang dkk. (2022) menunjukkan bahwa selama penelitian material berada pada lingkungan yang cukup lembap dan mendukung pertumbuhan jamur pada permukaan bambu strip.

Dalam penelitian ini, sampel bambu strip disusun secara berjajar tanpa penumpukan di dalam ruang tertutup sehingga sirkulasi udara antarmaterial relatif lebih terbuka. Kondisi penyimpanan tersebut berbeda dengan hasil observasi di Kiwari Bamboe, yang menunjukkan bahwa bambu strip umumnya disimpan dalam kondisi bertumpuk. Susunan material yang saling menempel berpotensi meningkatkan kelembapan lokal antarpermukaan material dan mempercepat kemunculan jamur selama masa penyimpanan.

Perbedaan kondisi penyimpanan tersebut menunjukkan bahwa faktor lingkungan, khususnya kelembapan dan sirkulasi udara, turut berperan sebagai faktor pendukung pertumbuhan jamur. Meskipun demikian, penelitian ini tetap difokuskan pada pengamatan pengaruh variasi durasi pengasapan sulfur terhadap pertumbuhan jamur pada bambu strip.

3.3 Perbandingan dengan Kadar Air

Perbandingan antarsampel menunjukkan bahwa selain durasi pengasapan, kondisi awal material juga berkaitan dengan perbedaan waktu kemunculan jamur. Perbedaan ini terlihat pada sampel dengan durasi pengasapan yang sama, yang menunjukkan bahwa waktu kemunculan jamur tidak selalu terjadi pada hari yang sama.

Tabel 3. Perbandingan Durasi Pengasapan, Kadar Air, dan Kemunculan Awal Jamur

Durasi (Jam)	Kode Sampel	Sulfur (gram)	MC Awal (%)	Hari Muncul Jamur	MC saat Muncul (%)
2	2A	±20	44,4	7	23,1
	2B		47,1	6	23,6
4	4A	±40	48,1	6	22,9
	4B		46,9	7	23,7
6	6A	±60	48,4	7	24,8
	6B		49,8	6	23,9
8	8A	±80	48,4	8	22,4
	8B		43,4	8	22,0

Pada variasi durasi pengasapan yang sama, waktu kemunculan jamur antarsampel tidak selalu terjadi pada hari yang sama. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kondisi awal material, khususnya kadar air, turut berkaitan dengan perkembangan jamur selama masa penyimpanan.

Perbedaan tersebut dapat dikaitkan dengan kadar air awal material. Sampel dengan kadar air awal yang lebih tinggi cenderung menunjukkan kemunculan jamur lebih cepat

dibandingkan dengan sampel yang memiliki kadar air lebih rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa kadar air awal menjadi faktor pendukung yang berkaitan dengan kondisi material yang lebih lembap sehingga kemunculan jamur dapat terjadi lebih awal. Hal ini juga menunjukkan bahwa pada durasi pengasapan yang lebih lama, perbedaan kadar air awal tidak langsung terlihat pada fase kemunculan awal jamur.

Secara keseluruhan, hasil perbandingan menunjukkan bahwa durasi pengasapan berkaitan dengan keterlambatan kemunculan jamur, sementara kadar air awal berkaitan dengan perbedaan waktu kemunculan antarsampel pada durasi pengasapan yang sama.

3.4 Implikasi dalam Proses Produksi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi pengasapan berkaitan dengan waktu kemunculan jamur pada bambu strip. Perbedaan waktu kemunculan ini memberikan gambaran mengenai batas penyimpanan material setelah proses pengasapan dilakukan sehingga dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengelolaan material sebelum proses produksi.

Material dengan durasi pengasapan yang lebih singkat memiliki waktu penyimpanan yang lebih terbatas sehingga perlu diprioritaskan untuk proses produksi dengan waktu pengerjaan yang relatif cepat. Sebaliknya, material dengan durasi pengasapan yang lebih lama memiliki toleransi penyimpanan yang lebih panjang sehingga dapat digunakan pada proses produksi yang membutuhkan waktu lebih lama atau melibatkan tahap perakitan. Selain itu, perbedaan kadar air awal material juga perlu diperhatikan karena material dengan kadar air lebih tinggi cenderung menunjukkan kemunculan jamur lebih cepat sehingga memerlukan penanganan yang lebih cepat dalam proses produksi.

Dengan demikian, durasi pengasapan dan kondisi awal material dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan strategi penggunaan bambu strip. Pertimbangan tersebut penting untuk mengatur prioritas penggunaan material berdasarkan kebutuhan waktu produksi dan penyimpanan sehingga kualitas visual produk tetap terjaga.

3.5 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada kondisi ruang penyimpanan tertentu dengan rentang suhu dan kelembapan yang terbatas sehingga hasil pertumbuhan jamur dapat berbeda pada kondisi lingkungan lain. Selain itu, penelitian ini masih menggunakan estimasi jumlah sulfur berdasarkan satu kali pembakaran dalam ruang pengasapan yang digunakan. Variasi durasi pengasapan juga masih terbatas pada rentang 2–8 jam sehingga penelitian lanjutan diperlukan untuk melihat kemungkinan respons material pada durasi pengasapan yang lebih panjang.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi durasi pengasapan sulfur berkaitan dengan perbedaan waktu kemunculan jamur pada bambu strip. Pada durasi pengasapan 2 jam, 4 jam,

dan 6 jam, kemunculan awal jamur terjadi pada hari ke-6 hingga hari ke-7, sedangkan pada durasi 8 jam kemunculan jamur terjadi lebih lambat, yaitu pada hari ke-8. Hasil ini menunjukkan bahwa paparan sulfur yang lebih lama diduga meningkatkan kontak gas sulfur dioksida (SO₂) pada permukaan material sehingga aktivitas mikroorganisme pada fase awal penyimpanan dapat ditekan lebih lama dibandingkan dengan durasi pengasapan yang lebih singkat.

Perbedaan pertumbuhan jamur juga berkaitan dengan kadar air awal bambu strip. Sampel dengan kadar air awal yang lebih tinggi cenderung menunjukkan kemunculan jamur lebih cepat dibandingkan dengan sampel yang memiliki kadar air lebih rendah. Dalam konteks desain produk, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengelolaan material sebelum proses produksi, khususnya dalam menentukan prioritas penggunaan bambu strip berdasarkan kebutuhan waktu penyimpanan dan pengerjaan produk.

5. CATATAN PENULIS

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait publikasi artikel ini. Penulis juga menyatakan bahwa artikel ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan telah memperhatikan prinsip kejujuran akademik.

6. REFERENSI

- Carter, M. Q., Chapman, M. H., Gabler, F., & Brandl, M. T. (2015). Effect of sulfur dioxide fumigation on survival of foodborne pathogens on table grapes under standard storage temperature. *Food Microbiology*, 49, 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.02.002>
- Guan, J., Chen, Z., Guo, L., Cui, X., Xu, T., Wan, F., Zhou, T., Wang, C., & Yang, Y. (2023). Evaluate how steaming and sulfur fumigation change the microstructure, physicochemical properties and in vitro digestibility of *Gastrodia elata* Bl. starch. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1087453>
- Hartono, R., Iswanto, A. H., Priadi, T., Herawati, E., Farizky, F., Sutiawan, J., & Sumardi, I. (2022). Physical, Chemical, and Mechanical Properties of Six Bamboo from Sumatera Island Indonesia and Its Potential Applications for Composite Materials. *Polymers*, 14(22), 4868. <https://doi.org/10.3390/polym14224868>
- Huang, Z., Künzle, H., Krus, M., & Zhang, W. (2022). Three-dimensional tests on hygric properties of laminated bamboo and bamboo scrimber. *Journal of Building Engineering*, 56, 104712. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104712>
- Jia, H., Chen, L., Fang, C., Liu, H., Ma, X., Zhang, X., Fei, B., & Sun, F. (2023). Visual evaluation of warehousing humidity and time on bamboo performance. *Industrial Crops and Products*, 194, 116334. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116334>

- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Zeeuw Van Der Laan, A. (2021). Material driven design (MDD): A method to design for material experiences. *International Journal of Design*, 9(2), 35–54. <https://re.public.polimi.it/handle/11311/979536>
- Karana, E., Blauwhoff, D., Hultink, E.-J., & Camere, S. (2018). When the Material Grows: A Case Study on Designing (with) Mycelium-based Materials. *International Journal of Design*, 12(2). <https://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/2918>
- Wardiha, M. W., Agustiningtyas, R. S., & Sumawa, I. W. A. M. (2018). Efektivitas Pengawetan Bambu Petung dan Gewang Menggunakan Boron dan CCB secara Rendaman Dingin dan Boucherie yang Dimodifikasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(2), 159–170. <https://doi.org/10.20886/jphh.2018.36.2.159-170>
- Widyaningsih, T. (2020). Processing and Added Value of Bamboo in Tasikmalaya, West Java. *Jurnal Wasian*, 7(1), 51–63. <https://doi.org/10.20886/jwas.v7i1.5539>
- Xu, W., Jin, H., Wang, Y., Wei, F., & Liu, J. (2025). Sulfur fumigation of botanical drugs: impact on chemical composition and pharmacological properties, and advances in detection technologies. *Frontiers in Pharmacology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1635850>