



"RISET PANEL AKUSTIK BERBAHAN LIMBAH: PERSPEKTIF BIBLIOMETRIK GLOBAL 2004-2024"

Lina Susanti¹, Andi Prasetyo Wibowo²

¹ Mahasiswi Magister Arsitektur, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

² Dosen Departemen Arsitektur, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

E-mail: desainblineline@gmail.com, andi.prasetyo@uajy.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

5 Mei 2025

Direvisi:

6 Juni 2025

Disetujui terbit:

15 Juni 2025

Diterbitkan:

Cetak:

29 September 2025

Online

29 September 2025

Abstract: Ongoing worldwide awareness regarding waste management has led to creative solutions in the building material sector, such as acoustic panels made from waste-derived components. This paper intends to perform a thorough bibliometric review of the scientific advancements concerning waste-based acoustic panels throughout the last two decades (2004-2024). Utilizing the Scopus database, pertinent documents were methodically chosen via a three-stage screening process, resulting in 98 highly relevant publications for review. The chosen papers included processing with OpenRefine for data cleansing and then analysed using VOSViewer to visualise bibliometric networks and Bibliometrix software for more in-depth analysis. The findings indicate a notable growth tendency, with an annual publication rise of 16,08 %, notably boosting over the last five years. The geographical distribution reveals a concentration of research in Italy, India, and Spain, with Engineering, Material Science, and Physics and Astronomy identified as the primary contributing fields. Network visualisations depict a sophisticated intellectual framework linking essential concepts within the domain. Well-cited studies confirm that acoustic panels made from waste demonstrate performance comparable to traditional materials while possessing a reduced environmental footprint; yet, standardisation issues persist, hindering wider adoption in the construction and interior design sectors.

Keyword: Bibliometric analysis, Waste materials, Acoustic panels

Abstrak: Kesadaran dunia yang terus meningkat terkait pengelolaan limbah telah menghasilkan solusi kreatif di sektor bahan bangunan, seperti panel akustik yang terbuat dari komponen yang berasal dari limbah. Makalah ini bermaksud untuk melakukan tinjauan bibliometrik menyeluruh terhadap kemajuan ilmiah mengenai panel akustik berbasis limbah selama dua dekade terakhir (2004-2024). Dengan menggunakan database Scopus, dokumen-dokumen terkait dipilih secara metodis melalui proses penyaringan tiga tahap, yang menghasilkan 98 publikasi yang sangat relevan untuk ditinjau. Makalah yang terpilih kemudian diproses dengan OpenRefine untuk pembersihan data dan kemudian dianalisis menggunakan VOSviewer untuk memvisualisasikan jaringan bibliometrik, dan software Bibliometrix digunakan untuk analisis yang lebih mendalam. Temuan ini menunjukkan kecenderungan pertumbuhan yang menonjol, dengan peningkatan publikasi tahunan sebesar 16,08%, terutama meningkat selama lima tahun terakhir. Distribusi geografis menunjukkan konsentrasi penelitian di Italia, India, dan Spanyol, dengan Teknik, Ilmu Material, serta Fisika dan Astronomi diidentifikasi sebagai bidang-bidang yang berkontribusi besar. Visualisasi jaringan menggambarkan kerangka kerja intelektual yang canggih yang menghubungkan konsep-konsep penting dalam domain tersebut. Studi yang dikutip dengan baik mengkonfirmasi bahwa panel akustik yang terbuat dari limbah menunjukkan kinerja yang sebanding dengan bahan tradisional sekaligus memiliki jejak lingkungan yang lebih rendah; namun, masalah standarisasi masih ada, sehingga menghambat adopsi yang lebih luas di sektor konstruksi dan desain interior.

Kata Kunci: Analisis bibliometrik, Material limbah, Panel akustik

PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan global terkait dengan pengelolaan limbah telah mendorong pengembangan solusi inovatif di berbagai bidang, termasuk dalam industri material bangunan. Alasan utama penumpukan bahan limbah adalah industrialisasi dan populasi yang berlebihan. Masalah pengelolaan sampah

merupakan tantangan lingkungan utama yang dihadapi secara global (Sajeena & Pallath, 2024). Inovasi ini tidak hanya bertujuan mengurangi volume limbah, tetapi juga memanfaatkan limbah sebagai sumber daya alternatif yang bernilai ekonomi dan ramah lingkungan, sejalan dengan konsep ekonomi sirkular dan material berkelanjutan (Zacho et al., 2018).

Panel akustik berbasis limbah muncul sebagai solusi berkelanjutan yang mengintegrasikan prinsip ekonomi sirkular dalam mengurangi dampak lingkungan sambil mengatasi masalah kebisingan di lingkungan indoor maupun outdoor (Asdrubali et al., 2012) (Asdrubali et al., 2015). Sejalan dengan meningkatnya kesadaran akan praktik konstruksi ramah lingkungan, penelitian tentang panel akustik dari bahan limbah telah berkembang secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir.

Panel akustik konvensional umumnya menggunakan bahan baku murni yang produksinya memerlukan konsumsi energi tinggi dan berkontribusi pada emisi karbon. Sebaliknya, panel akustik berbasis limbah memanfaatkan berbagai material limbah seperti serat alami, limbah pertanian, limbah plastik, dan limbah industri lainnya yang telah menunjukkan potensi signifikan dalam penyerapan suara (Berardi & Iannace, 2015). Konsep ini tidak hanya menciptakan nilai tambah dari material limbah tetapi juga berkontribusi terhadap upaya mitigasi perubahan iklim melalui pengurangan jejak karbon dalam produksi material konstruksi.

Dalam konteks material akustik, Asdrubali telah melakukan tinjauan komprehensif tentang material akustik berkelanjutan, namun analisis mereka tidak secara khusus berfokus pada aspek bibliometrik. Demikian pula, Berardi dan Iannace mengeksplorasi kinerja akustik dari berbagai material bio-based, tetapi tidak melakukan analisis kuantitatif terhadap struktur penelitian dalam bidang ini.

Pemetaan ilmiah melalui analisis bibliometrik telah terbukti efektif dalam berbagai bidang untuk memahami evolusi dan status penelitian terkini (Van Eck & Waltman, 2010). Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tren penelitian, pola kolaborasi, penulis dan institusi berpengaruh, serta hubungan antar topik penelitian melalui pengolahan data publikasi ilmiah secara kuantitatif.

Bibliometrix merupakan perangkat sumber terbuka yang inovatif dan unik yang dikembangkan oleh para peneliti untuk melaksanakan analisis pemetaan ilmiah secara menyeluruh. Alat ini dirancang khusus untuk memfasilitasi serangkaian tahapan sistematis dalam proses analisis bibliometrik. Melalui antarmuka yang terintegrasi, bibliometrix menyediakan alur kerja terstruktur yang membantu pengguna mulai dari pengumpulan data bibliografi, pengolahan metadata publikasi, hingga visualisasi hasil analisis. Perangkat ini mendukung berbagai fungsi analisis termasuk identifikasi tren penelitian, pola kolaborasi antar peneliti, jaringan ko-sitasi, serta pemetaan topik penelitian. Keunggulan bibliometrik terletak pada fleksibilitasnya dalam menangani berbagai format data dari database ilmiah terkemuka, serta kemampuannya menghasilkan visualisasi interaktif yang mempermudah interpretasi struktur pengetahuan dalam suatu bidang keilmuan. Metodologi yang direkomendasikan dalam penggunaan bibliometrik mencakup tahap persiapan data, analisis deskriptif, analisis jaringan, serta interpretasi hasil pemetaan yang membantu peneliti

memahami lanskap riset secara komprehensif. Analisis bibliometrik memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi pola publikasi, mengenali kontributor utama, dan mengungkapkan struktur pengetahuan secara sistematis (Zupic & Čater, 2015).

Penelitian ini memanfaatkan basis data Scopus sebagai sumber data berkualitas tinggi, yang kemudian diolah menggunakan OpenRefine untuk membersihkan dan menyempurnakan kualitas data. Selanjutnya, VOSviewer digunakan untuk menghasilkan visualisasi jaringan yang menggambarkan hubungan antar penelitian, sementara Bibliometrix membantu menganalisis data secara menyeluruh dengan berbagai indikator bibliometrik. Integrasi keempat alat ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tren penelitian, kolaborasi antar peneliti, dan topik-topik yang sedang berkembang dalam bidang keilmuan tertentu dengan cara yang lebih sistematis dan komprehensif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan analisis bibliometrik komprehensif tentang panel akustik dari bahan limbah. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan pandangan tentang lanskap penelitian panel akustik berbasis limbah dan memfasilitasi pengembangan penelitian masa depan yang lebih terarah.

Pendekatan kuantitatif ini membantu mengidentifikasi kesenjangan penelitian dan mengarahkan upaya penelitian masa depan dengan lebih efisien.

TINJUAN PUSTAKA

1. Panel akustik

Panel akustik berfungsi untuk menyerap, memantulkan, atau menyebarkan gelombang suara guna menciptakan lingkungan akustik yang lebih baik. Jenis-jenis panel akustik meliputi panel penyerap suara dan panel difusor, yang masing-masing memiliki cara kerja berbeda dalam mengendalikan suara (Barron, 2006). Panel akustik konvensional umumnya menggunakan bahan baku murni yang produksinya berdampak pada konsumsi energi tinggi dan emisi karbon. Sebagai alternatif, panel akustik berbasis limbah menawarkan keunggulan dalam aspek ekologis dan ekonomi, dengan memanfaatkan limbah pertanian, limbah industri, maupun limbah organik sebagai bahan baku utama.

Dalam era modern yang semakin sadar akan pentingnya keberlanjutan, pemanfaatan material limbah dalam pembuatan panel akustik telah muncul sebagai solusi inovatif yang tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga meningkatkan kualitas akustik ruang. Beberapa bahan limbah yang telah diteliti 2 dekade terakhir :

A. Limbah pertanian

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan dasar panel akustik merupakan salah satu area penelitian paling awal dan konsisten selama periode yang ditinjau. Studi yang dilakukan oleh Han-Seung Yang menunjukkan potensi awal serat alami dari limbah

pertanian sebagai bahan penyerap suara yang efektif (Yang et al., 2003). Selanjutnya, penelitian oleh Zulkifli mendemonstrasikan bahwa serat kelapa memiliki koefisien penyerapan suara yang sebanding dengan material sintetis komersial pada frekuensi menengah hingga tinggi (Zulkifli et al., 2008).

Perkembangan signifikan terjadi pada periode 2010-2015 ketika Oldham mengoptimalkan kinerja akustik panel berbahan dasar jerami gandum melalui variasi kepadatan dan ketebalan, mencapai nilai NRC (*Noise Reduction Coefficient*) hingga 0,75. (Oldham et al., 2011) dan dilanjutkan penelitian oleh Berardi dan Iannace yang melakukan studi komparatif terhadap berbagai serat alami termasuk kenaf, rami, dan sekam padi. Mereka menemukan bahwa dengan metode pemrosesan yang tepat, panel akustik dari sekam padi mampu mencapai koefisien penyerapan suara hingga 0,9 pada frekuensi 1000-2000 Hz (Berardi & Iannace, 2015).

B. Limbah Tekstil dan Polimer

Del Rey mengembangkan metodologi pemrosesan limbah tekstil menjadi material akustik tanpa penambahan bahan pengikat sintetis. Evolusi penting dalam dekade terakhir adalah integrasi limbah plastik dan polimer daur ulang dengan material organik (Rey et al., 2012).

Selanjutnya penelitian oleh Hande yang meneliti mengenai limbah kain denim dan tutup botol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel komposit berbahan dasar tekstil yang dikembangkan memiliki potensi sebagai material pendukung dalam aplikasi komersial, dengan kinerja isolasi termal dan akustik yang baik (Sezgin et al., 2021).

C. Limbah Konstruksi dan Industri

Penelitian oleh Roman Fediuk meneliti mengenai beton akustik (Fediuk et al., 2021). Studi ini mengungkapkan bahwa karakteristik refleksi suara pada beton yang dimodifikasi sangat dipengaruhi oleh variabel jenis agregat, ukuran serta distribusi pori-pori, dan komposisi bahan dalam rancangan campuran beton.

Mastali juga meneliti mengenai beton busa. Hasil eksperimen menunjukkan efektivitas panel akustik yang diproduksi dari beton busa berbasis terak yang diaktifkan secara alkali, diperkuat dengan serat, dan mengandung agregat ringan daur ulang yang berasal dari limbah industri Petrit-T (Mastali et al., 2022).

Penelitian di tahun 2023 oleh Robert Ružickij, mengeksplorasi metode pembuatan material akustik dengan memanfaatkan dua jenis limbah, yaitu serat tekstil dari ban bekas dan lumpur kertas, yang dikombinasikan menggunakan polivinil asetat (PVA) sebagai bahan perekat untuk membentuk panel akustik komposit (Ružickij et al., 2023).

2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pencarian data dalam Scopus dapat dilakukan dengan berbagai parameter, seperti kata kunci, nama penulis, afiliasi, tahun publikasi, dan bidang studi. Scopus juga menyediakan alat analisis awal yang memungkinkan peneliti untuk mendapatkan gambaran umum tentang hasil pencarian, termasuk tren publikasi tahunan, distribusi geografis, dan jaringan sitasi. Data yang diekspor dari Scopus

biasanya mencakup informasi bibliografi lengkap seperti judul, abstrak, penulis, afiliasi, kata kunci, dan daftar referensi, yang semuanya penting untuk analisis bibliometrik yang mendalam (Burnham, 2006).

OpenRefine adalah alat open-source yang dirancang untuk menangani data "berantakan" dan memprosesnya menjadi format yang lebih terstruktur dan konsisten (Ruben Verborgh et al., 2013). Dalam konteks analisis bibliometrik, OpenRefine memainkan peran krusial untuk mengatasi inkonsistensi yang umum ditemukan dalam data bibliografi, seperti variasi nama penulis, afiliasi, atau kata kunci. Hill menegaskan bahwa proses pembersihan data dengan OpenRefine membantu meningkatkan kualitas dan keandalan analisis bibliometrik dengan mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh inkonsistensi data (Hill, 2016).

VOSviewer adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Universitas Leiden yang berfokus pada konstruksi dan visualisasi jaringan bibliometrik (Van Eck & Waltman, 2010). VOSviewer menerapkan teknik *Visualization of Similarities* (VOS) untuk membangun dan memvisualisasikan jaringan bibliometrik seperti penulis, jurnal, institusi, negara, atau kata kunci. Software ini memiliki keunggulan dalam menghasilkan peta berbasis jarak di mana jarak antar titik mencerminkan hubungan atau kesamaan antar item tersebut.

Bibliometrix adalah package R studio untuk analisis bibliometrik komprehensif (Aria & Cuccurullo, 2017). Bibliometrix menyediakan pendekatan menyeluruh untuk pemetaan dan analisis ilmu pengetahuan. Perangkat ini menawarkan alur kerja terstruktur yang direkomendasikan untuk melaksanakan studi bibliometrik secara sistematis. Pengembangan bibliometrix dalam bahasa pemrograman R memberikan keunggulan berupa fleksibilitas, serta integrasi dengan berbagai paket statistik R lainnya. Karakteristik ini menjadikan bibliometrix sebagai instrumen yang sangat penting dalam bidang bibliometrik yang terus berkembang.

Bibliometrix/Biblioshiny mendukung:

- Analisis deskriptif (jumlah publikasi, tren tahunan, distribusi sumber)
- Analisis produktivitas penulis dan kolaborasi
- Analisis dampak ilmiah melalui metrik sitasi
- Pemetaan konseptual melalui analisis co-word dan thematic maps
- Analisis struktur intelektual dan sosial

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi pustaka untuk menganalisis perkembangan penelitian panel akustik berbahan limbah dalam 20 tahun terakhir. Metode kualitatif dipilih karena memungkinkan eksplorasi mendalam terhadap pola, tren, dan struktural konseptual dalam literatur ilmiah. Analisis bibliometrik sebagai salah satu bentuk studi pustaka menawarkan pendekatan sistematis untuk memetakan dan menginterpretasikan perkembangan pengetahuan

dalam bidang spesifik melalui analisis publikasi ilmiah (Aria & Cuccurullo, 2017).

Penelitian ini menggunakan database Scopus sebagai sumber utama pengumpulan data bibliografi. Pemilihan Scopus didasarkan pada beberapa pertimbangan strategis yang memperkuat validitas dan reliabilitas hasil analisis:

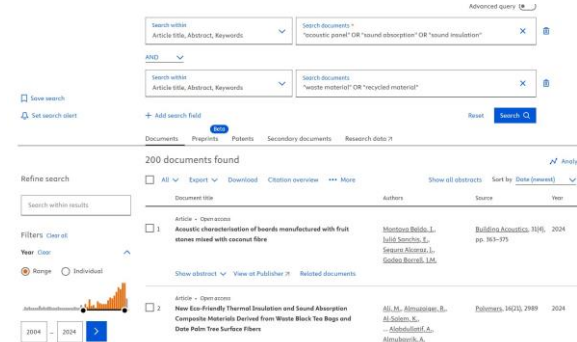
- **Cakupan Komprehensif:** Scopus merupakan basis data bibliografi terbesar dengan cakupan global dan regional yang luas untuk jurnal ilmiah, prosiding konferensi, buku, dan data dengan kualitas terbaik (Baas et al., 2020).
- **Kualitas Metadata:** Menurut Harzing dan Alakangas, Scopus menyediakan metadata yang lebih komprehensif dan terstruktur, mencakup afiliasi penulis, negara, sitasi, dan kata kunci penulis. Hal ini sangat penting untuk analisis bibliometrik yang mengandalkan kualitas metadata dalam mengidentifikasi pola dan tren penelitian (Harzing & Alakangas, 2016).
- **Informasi Sitasi yang Akurat:** Sebagaimana dilaporkan oleh Martín, Scopus menyediakan informasi sitasi yang lebih akurat dan konsisten dibandingkan dengan beberapa basis data lainnya, yang penting untuk analisis jaringan sitasi dalam bibliometrik (Martín-Martín et al., 2018).

Strategi pencarian dirancang untuk mengidentifikasi publikasi yang relevan dengan panel akustik berbahan limbah selama periode 20 tahun terakhir (2004-2024). Pencarian dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci berikut pada bidang judul, abstrak, dan kata kunci:

Article title, Abstract, keywords :
 “acoustic panel” OR “sound absorption” OR “sound insulation”
 AND

Article title, Abstract, keywords :
 “waste material” OR “recycled material”

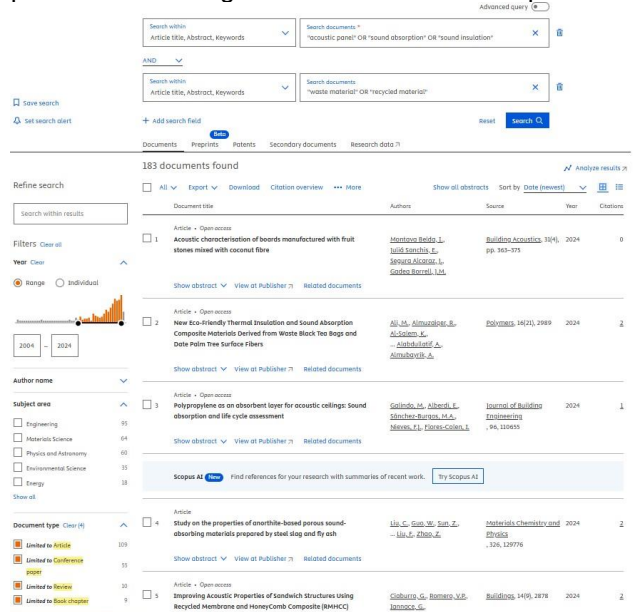
Hasil pencarian awal dari database Scopus menghasilkan 200 dokumen yang berkaitan dengan topik penelitian. Pencarian ini menjadi dasar untuk tahapan penyaringan selanjutnya, nampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Pencarian awal di Scopus

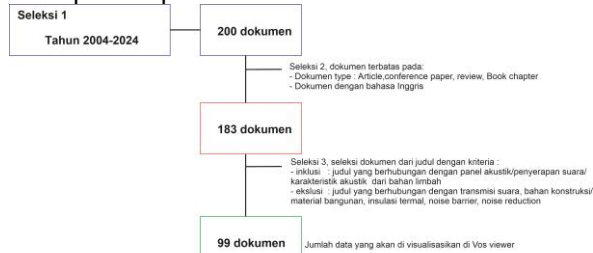
Tahap seleksi kedua menerapkan pembatasan tipe dokumen dan bahasa, dengan fokus pada artikel jurnal, makalah konferensi, artikel review, dan bab buku dalam bahasa Inggris. Penerapan filter ini menghasilkan 183 dokumen (91,5% dari korpus awal), yang mengindikasikan dominasi publikasi

berbahasa Inggris dalam pengetahuan terkait panel akustik berbahan limbah. (seperti Gambar 2). Dari dokumen 183 ini dapat dianalisis perkembangan penelitian secara global melalui analisis scopus.



Gambar 2. Seleksi tahap 2

Seleksi tahap ketiga, seperti Gambar 3 melibatkan evaluasi terhadap judul dokumen yang peneliti berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang terdefinisi dengan jelas. Kriteria inklusi berfokus pada dokumen yang secara eksplisit membahas panel akustik, penyerapan suara, atau karakteristik akustik dari bahan limbah. Sebaliknya, kriteria eksklusi diterapkan untuk dokumen yang membahas aspek seperti transmisi suara, material bangunan, insulasi termal, penghalang suara, atau reduksi kebisingan tanpa konteks spesifik panel akustik berbahan limbah. Implementasi kriteria ini menghasilkan dokumen final sebanyak 98 dokumen. Dokumen yang didapat dari seleksi ini yang kemudian akan diolah pada Open refine dan Vos viewer.



Gambar 3. Tahap seleksi data

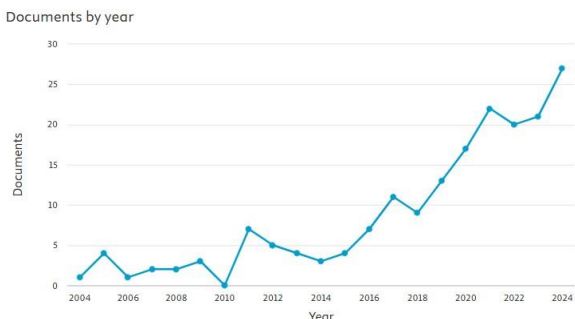
Dataset yang diekspor dari Scopus sejumlah 98 dokumen ini selanjutnya diproses menggunakan OpenRefine, sebuah perangkat lunak sumber terbuka yang dirancang untuk pembersihan dan transformasi data dengan merapikan bagian author keywords dan index keywords. OpenRefine dipilih karena merupakan alat yang memungkinkan pengguna untuk membersihkan, mengubah, dan memperkaya data mereka dengan cara yang tidak dapat dilakukan dengan mudah oleh spreadsheet tradisional (Ruben Verborgh et al., 2013). Data yang telah dibersihkan selanjutnya dianalisis menggunakan VOSviewer, sebuah perangkat lunak yang dikembangkan khusus untuk visualisasi dan

analisis jaringan bibliometrik (Van Eck & Waltman, 2014). Pada tahap ini dibuat juga peta jaringan untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan hubungan antara karya-karya akademis berdasarkan keberadaan elemen-elemen yang muncul secara bersamaan (*co-occurrence*).

Visualisasi ini memungkinkan peneliti untuk menganalisis bagaimana publikasi saling terhubung melalui penggunaan kata kunci identik. Dengan mengidentifikasi pola kemunculan bersama elemen-elemen tersebut, peta jaringan mengungkapkan struktur intelektual yang mendasari bidang penelitian tertentu dan menampilkan kluster tematik yang mungkin tidak terlihat melalui metode analisis tradisional.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

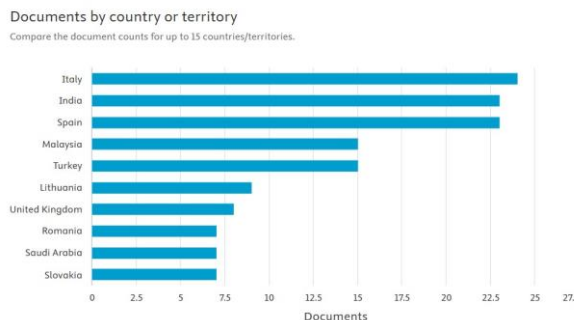
Perkembangan penelitian mengenai panel akustik dan bahan limbah secara global menunjukkan tren yang menarik selama dua dekade terakhir, berdasarkan 183 dokumen yang dianalisis dari tahun 2004 hingga 2024. Pada periode awal (2004-2010), penelitian di bidang ini masih sangat terbatas dengan jumlah publikasi yang rendah, hanya berkisar antara 0-3 dokumen per tahun dengan sedikit peningkatan di tahun 2005. Tahun 2011 menandai titik penting dengan lonjakan menjadi sekitar 7 dokumen, yang kemudian diikuti dengan periode relatif stabil antara 2012-2015. Momentum penelitian mulai terbangun secara konsisten sejak tahun 2016, ditandai dengan kenaikan jumlah publikasi yang terus meningkat setiap tahunnya. Pertumbuhan paling pesat terjadi dalam lima tahun terakhir (2020-2024), dengan jumlah dokumen mencapai puncaknya di tahun 2024 yaitu sekitar 27 publikasi, meskipun sempat mengalami sedikit penurunan di tahun 2022. Tren peningkatan yang signifikan ini mencerminkan meningkatnya kesadaran global tentang pentingnya solusi berkelanjutan dalam industri, yang salah satunya dijadikan untuk material akustik dan pemanfaatan limbah sebagai bahan baku alternatif, sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular yang semakin mendapat perhatian di seluruh dunia. Perkembangan penelitian ini nampak pada Grafik 1.



Grafik 1. Perkembangan penelitian mengenai Panel Akustik dan Limbah

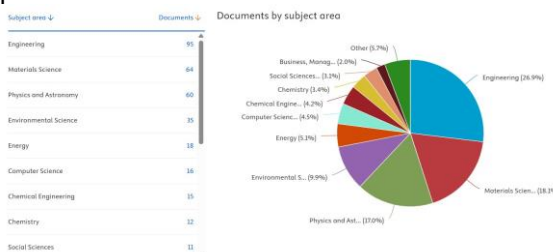
Pada Gambar 4, menunjukkan analisis pada scopus mengenai distribusi penelitian tentang panel akustik dan limbah berdasarkan negara atau wilayah. Italia menduduki peringkat tertinggi dengan jumlah 24 dokumen, diikuti oleh India dan Spanyol yang masing-masing berkontribusi 23 dokumen. Malaysia

dan Turki berada di posisi menengah dengan sekitar 15 dokumen. Lithuania, Inggris, Romania, Arab Saudi, dan Slovakia berada di peringkat lebih rendah dengan kisaran 7-10 dokumen. Distribusi ini menunjukkan bahwa penelitian tentang panel akustik berbasis limbah didominasi oleh negara-negara Eropa Selatan (Italia dan Spanyol) serta India, yang mungkin mencerminkan komitmen negara-negara tersebut terhadap inovasi berkelanjutan dalam bidang material akustik dan pemanfaatan limbah.



Gambar 4. Negara yang berkontribusi pada penelitian panel akustik dan limbah

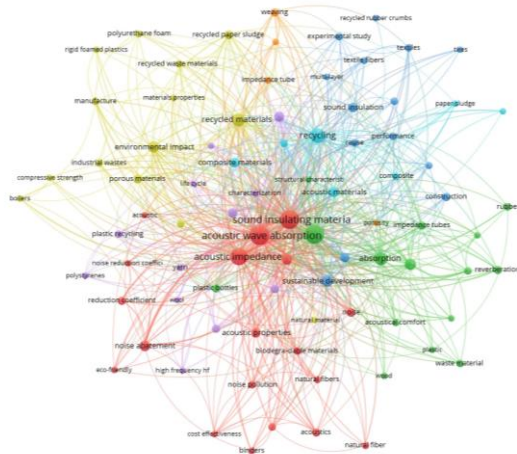
Gambar 5 menampilkan distribusi dokumen penelitian tentang panel akustik dan pemanfaatan limbah berdasarkan bidang ilmu. Bidang *Engineering* mendominasi dengan 95 dokumen (26,9% dari total), diikuti oleh *Materials Science* dengan 64 dokumen (18,1%), dan *Physics and Astronomy* dengan 60 dokumen (17,0%). *Environmental Science* menempati posisi keempat dengan 35 dokumen (9,9%), sementara bidang *Energy* berkontribusi 18 dokumen (5,1%). Bidang-bidang lain yang juga berkontribusi termasuk *Computer Science* (16 dokumen/4,5%), *Chemical Engineering* (15 dokumen/4,2%), *Chemistry* (12 dokumen/3,4%), dan *Social Sciences* (11 dokumen/3,1%). Bidang *Business* dan *Management* hanya menyumbang 2,0% dari total penelitian, sementara kategori "Other" mencakup 5,7% dokumen. Distribusi ini menggambarkan sifat multidisiplin dari penelitian panel akustik berbasis limbah, dengan dominasi kuat dari bidang teknik dan sains material, yang mencerminkan fokus pada pengembangan teknologi dan karakterisasi material dalam konteks aplikasi praktis.



Gambar 5. Publikasi scopus berdasar bidang subjek (*subject area*)

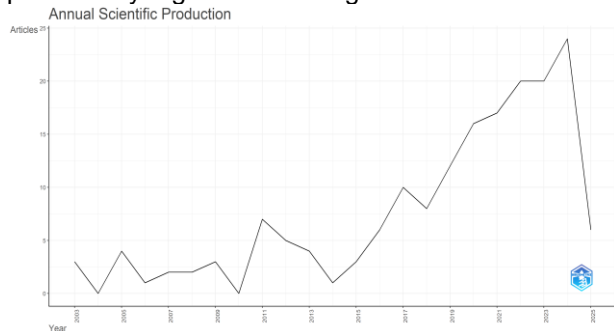
Dalam proses pengolahan data bibliometrik, tahapan seleksi lanjutan dilakukan untuk memperoleh dokumen-dokumen yang memiliki relevansi tinggi dengan fokus penelitian. Pada tahap ketiga, dilakukan penyaringan dari kumpulan dokumen sebelumnya, menjadi 98 dokumen yang secara spesifik berfokus pada panel akustik berbahan dasar

limbah berdasarkan analisis judul dokumen. Untuk meningkatkan akurasi analisis, data bibliografis dari 98 dokumen terpilih ini kemudian melalui proses standarisasi, di mana kata kunci penulis dan kata kunci indeks dirapikan menggunakan perangkat lunak Open Refine. Hasil data tersebut selanjutnya diproses menggunakan aplikasi VOSviewer untuk memfasilitasi pemetaan dan visualisasi jaringan bibliometrik. Visualisasi yang dihasilkan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6, memberikan representasi grafis tentang struktur intelektual, hubungan antar konsep penelitian, serta kluster tematik yang dominan dalam bidang penelitian panel akustik berbahan limbah selama kurun waktu yang diteliti.



Gambar 6. Visualisasi Jaringan Co-Occurance Visualisasi jaringan (*network visualization*) ini menggambarkan hubungan kompleks antara berbagai konsep terkait material peredam suara (*sound insulating materials*) dan penyerapan gelombang akustik (*acoustic wave absorption*). Node-node dalam jaringan mewakili konsep-konsep kunci, sementara garis penghubung menunjukkan keterkaitan antar konsep. Terdapat konsep inti seperti "*sound insulating material*" (material peredam suara), "*acoustic impedance*" (impedansi akustik), dan "*acoustic wave absorption*" (penyerapan gelombang akustik) yang memiliki koneksi paling banyak.

Dari perkembangan 98 dokumen yang diteliti menggunakan vos viewer ini, terlihat perkembangan penelitian yang makin meningkat.

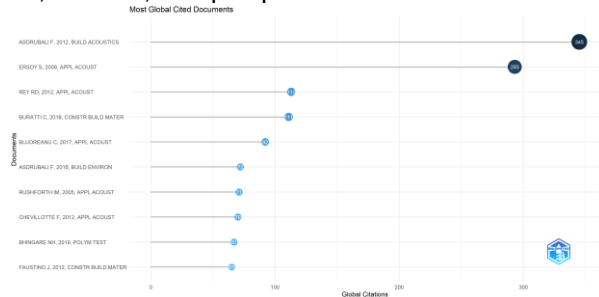


Grafik 2. Perkembangan publikasi panel akustik berbasis limbah

Grafik 2 menunjukkan "*Annual Scientific Production*" atau produksi ilmiah tahunan yang diukur dalam jumlah artikel pertahun.

Timepan 2005:2024	Sources 64	Documents 98	Annual Growth Rate 16.08 %
Authors 358	Authors of single-authored docs 7	International Co-Authorship 22.45 %	Co-Authors per Doc 4.29
Author's Keywords (BK) 229	References 2996	Document Average Age 5.52	Average citations per doc 21.27

Gambar 7. Informasi bibliometrik dari 98 jurnal terpilih Analisis bibliometrik jurnal ini mencakup publikasi selama periode 2005-2024 (yang sudah melewati proses seleksi), dengan total 98 dokumen yang berasal dari 64 sumber berbeda. Jurnal menunjukkan pertumbuhan tahunan yang signifikan sebesar 16,08%. Sebanyak 358 penulis telah berkontribusi pada jurnal ini, dengan rata-rata 4,29 penulis per dokumen. Terdapat 7 penulis yang menerbitkan dokumen secara mandiri. Kolaborasi internasional cukup menonjol dengan persentase 22,45% dari total publikasi. Jurnal ini memiliki 229 kata kunci penulis, 2996 referensi, dengan rata-rata usia dokumen 5,52 tahun, dan setiap dokumen rata-rata memperoleh 21,27 sitasi, nampak pada Gambar 7.



Grafik 3. Dokumen yang Banyak Dikutip Secara Global Grafik 3. Dokumen yang Banyak Dikutip Secara Global menampilkan dokumen-dokumen yang paling banyak disitasi secara global dalam bidang akustik dan material bangunan. Sumbu horizontal menunjukkan jumlah sitasi global, sementara sumbu vertikal mencantumkan dokumen beserta penulis, tahun publikasi, dan nama jurnal. Dokumen yang mendapatkan sitasi tertinggi adalah karya Asdrubali F. (2012) yang diterbitkan di *BUILD ACOUSTICS* dengan 345 sitasi, diikuti oleh Ersoy S. (2009) dari *APPL ACOUST* dengan 293 sitasi. Dokumen-dokumen lainnya memiliki sitasi yang lebih rendah, berkisar antara 55-118 sitasi. Grafik ini penting untuk mengidentifikasi karya-karya berpengaruh dalam bidang ini, mengungkapkan bahwa penelitian tentang akustik bangunan (terutama dari jurnal *Applied Acoustics* dan *Building Acoustics*) mendominasi publikasi yang paling banyak dirujuk.

Dokumen dengan sitasi terbanyak berjudul "*A review of sustainable materials for acoustic applications*" jurnal yang ditulis oleh Asdrubali F dengan 345 sitasi. Jurnal ini membahas tentang bahan akustik berkelanjutan sebagai alternatif bahan konvensional. Rumusan masalah dalam jurnal ini berfokus pada perbandingan kinerja akustik bahan berkelanjutan versus bahan sintetis, tantangan karakterisasi dan standarisasi, dampak lingkungan, serta potensi aplikasi berbagai jenis material berkelanjutan. Penelitian dilakukan melalui metode tinjauan pustaka sistematis dengan mengumpulkan dan menganalisis publikasi terkini, mengkategorikan material

berdasarkan jenisnya, membandingkan data eksperimental sifat akustik, mengevaluasi data Penilaian Siklus Hidup, dan mengidentifikasi kesenjangan penelitian. Temuan utama menunjukkan bahwa bahan alami seperti rami, serat selulosa daur ulang, bambu, kenaf, dan serat sabut kelapa memiliki kinerja penyerapan suara setara dengan material sintetis, sementara gabus dan karet daur ulang efektif untuk insulasi suara benturan. Material berkelanjutan ini juga menawarkan keunggulan tambahan berupa bobot ringan, keamanan bagi kesehatan, dan sifat insulasi termal yang baik. Jurnal menyimpulkan bahwa bahan akustik berkelanjutan memiliki potensi besar menggantikan bahan sintetis konvensional dengan kinerja sebanding dan dampak lingkungan lebih rendah, namun masih diperlukan standarisasi metode evaluasi keberlanjutan dan karakterisasi sifat akustik. Penelitian lanjutan dibutuhkan untuk melengkapi pemahaman teoretis dan eksperimental serta mengembangkan prosedur standar terintegrasi untuk evaluasi keberlanjutan material akustik ini (Asdrubali et al., 2012).

Jurnal kedua teratas selanjutnya berjudul "*Investigation of Industrial Tea-Leaf-Fibre Waste Material for Its Sound Absorption Properties*" dengan 283 sitasi, meneliti potensi limbah industri serat daun teh sebagai material penyerap suara. (Ersoy & Küçük, 2009). Rumusan masalah penelitian ini berfokus pada sejauh mana efektivitas limbah serat daun teh dalam menyerap suara, bagaimana perbandingannya dengan material tekstil konvensional, dan bagaimana pengaruh ketebalan serta kombinasi dengan material lain terhadap performa akustiknya. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental. Pengujian dilakukan untuk mengukur koefisien penyerapan suara pada berbagai konfigurasi material. Analisis data eksperimental menunjukkan hasil yang signifikan, dimana material limbah serat daun teh dengan ketebalan 1 cm yang dilengkapi lapisan belakang mampu memberikan performa penyerapan suara yang hampir setara dengan enam lapis kain tekstil tenun. Lebih lanjut, lapisan material serat daun teh dengan ketebalan 20 mm yang didukung material kaku dan serat non-tenun menunjukkan penyerapan suara yang hampir setara dalam rentang frekuensi 500-3200 Hz. Penelitian ini menyimpulkan bahwa limbah industri serat daun teh memiliki potensi besar sebagai material penyerap suara alternatif yang berkelanjutan dan ekonomis. Hasil ini membuka peluang untuk pemanfaatan limbah industri teh secara lebih luas dalam aplikasi akustik, memberikan nilai tambah pada material yang sebelumnya dianggap sebagai limbah, sekaligus menawarkan solusi penyerapan suara yang ramah lingkungan dan berbiaya rendah.

Selanjutnya jurnal oleh Rey, "*An empirical modelling of porous sound absorbing materials made of recycled foam*" dan jurnal oleh Buratti "*Rice husk panels for building applications: Thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials*"

memiliki tingkat sitasi yang hampir sama yaitu 113 dan 111. (Buratti et al., 2018; Rey et al., 2012). Jurnal pertama mempelajari model empiris bahan penyerap suara berpori dari busa daur ulang dengan metode eksperimental dan pemodelan matematis untuk merumuskan hubungan antara sifat fisik dan akustik, menghasilkan kesimpulan bahwa model empiris yang dikembangkan dapat memprediksi koefisien penyerapan suara dengan akurasi tinggi pada berbagai densitas dan ketebalan busa daur ulang. Sementara itu, jurnal kedua menginvestigasi panel sekam padi untuk aplikasi bangunan, dikomparasikan dengan material limbah daur ulang inovatif lainnya, dengan rumusan masalah seputar efektivitas sekam padi sebagai material isolasi berkelanjutan, menyimpulkan bahwa panel sekam padi menunjukkan performa termal dan akustik yang sangat baik serta jejak karbon lebih rendah dibandingkan material konvensional, menjadikannya alternatif berkelanjutan yang menjanjikan untuk aplikasi konstruksi.

Jurnal ke lima yang memiliki sitasi tertinggi dengan 92 sitasi berjudul "*Experimental and theoretical considerations on sound absorption performance of waste materials including the effect of backing plates*" ditulis oleh Carmen Bujoreanu. Jurnal ini membahas performa penyerapan suara dari berbagai material limbah dengan penekanan khusus pada pengaruh plat pendukung (*backing plates*). Rumusan masalah penelitian ini berfokus pada bagaimana karakteristik akustik material limbah dipengaruhi oleh konfigurasi plat pendukung, sejauh mana teori dan model empiris dapat memprediksi performa penyerapan suara pada berbagai konfigurasi, dan potensi material limbah sebagai penyerap suara yang efektif. Metode penelitian yang digunakan menggabungkan pendekatan eksperimental dan teoretis, dengan pengujian laboratorium terhadap berbagai sampel material limbah dengan dan tanpa plat pendukung, pengukuran koefisien penyerapan suara menggunakan tabung impedansi, serta pengembangan dan validasi model teoretis untuk memprediksi performa akustik. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa plat pendukung memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik penyerapan suara material limbah, khususnya pada frekuensi rendah hingga menengah. Model teoretis yang dikembangkan dapat memprediksi performa akustik dengan akurasi yang baik dalam berbagai konfigurasi; dan material limbah yang diuji menunjukkan potensi sebagai penyerap suara yang efektif dan berkelanjutan ketika dikombinasikan dengan desain plat pendukung yang tepat, memberikan alternatif ekonomis dan ramah lingkungan untuk aplikasi akustik.

KESIMPULAN

Analisis bibliometrik terhadap perkembangan penelitian panel akustik berbahan limbah selama dua dekade terakhir (2004-2024) mengungkapkan tren pertumbuhan yang signifikan dengan peningkatan tahunan mencapai 16,08%. Penelitian di bidang ini menunjukkan akselerasi substansial terutama dalam

lima tahun terakhir, mencerminkan meningkatnya kesadaran global terhadap solusi berkelanjutan dalam industri material akustik dan implementasi prinsip ekonomi sirkular. Dominasi publikasi dari Italia, India, dan Spanyol mengindikasikan konsentrasi keahlian regional, dengan bidang Engineering, Materials Science, dan Physics and Astronomy sebagai disiplin ilmu utama yang berkontribusi pada kemajuan pengetahuan. Visualisasi jaringan *co-occurrence* mendemonstrasikan struktur intelektual yang kompleks dengan interkoneksi antara konsep-konsep kunci seperti "*sound insulating material*," "*acoustic impedance*" dan "*acoustic wave absorption*". Kajian terhadap dokumen yang paling banyak disitasi mengungkapkan bahwa penelitian tentang pengembangan dan karakterisasi material akustik berkelanjutan, termasuk pemanfaatan limbah pertanian, industri, dan serat alami, telah memberikan fondasi penting bagi perkembangan bidang ini. Berbagai studi eksperimental dan teoretis telah mengkonfirmasi bahwa panel akustik berbahan limbah memiliki potensi signifikan sebagai alternatif material konvensional dengan kinerja akustik yang setara namun dengan dampak lingkungan yang lebih rendah. Meskipun demikian, standarisasi dan karakterisasi sifat akustik material berbasis limbah masih menjadi tantangan yang perlu diatasi untuk implementasi yang lebih luas di industri konstruksi, interior dan desain akustik.

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik yang telah dilakukan, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan eksplorasi terhadap jenis-jenis limbah baru yang berpotensi sebagai bahan baku panel akustik. Selain itu, aspek penggunaan bahan pengikat (*binder*) yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan juga perlu menjadi fokus utama. Penelitian eksperimental yang mengkaji optimasi komposisi, proses manufaktur, serta performa akustik berbasis limbah dengan pengikat alami diperlukan untuk memperluas aplikasi dan mempercepat adopsi material ini di industri konstruksi dan interior.

DAFTAR PUSTAKA

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, *4*, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>
- Asdrubali, F., Schiavoni, S., & Horoshenkov, K. V. (2012). A Review of Sustainable Materials for Acoustic Applications. *Building Acoustics*, *19*(4), 283–311. <https://doi.org/10.1260/1351-010X.19.4.283>
- Baas, J., Schotten, M., Plume, A., Côté, G., & Karimi, R. (2020). Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, *1*(1), 377–386. https://doi.org/10.1162/qss_a_00019
- Barron, M. (2006). Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application. *Journal of Sound and Vibration*, *295*(3–5), 1105–1106. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2006.01.055>
- Berardi, U., & Iannace, G. (2015). Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications. *Building*

- and Environment*, *94*, 840–852. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.05.029>
- Buratti, C., Belloni, E., Lascaro, E., Merli, F., & Ricciardi, P. (2018). Rice husk panels for building applications: Thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials. *Construction and Building Materials*, *171*, 338–349. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.089>
- Burnham, J. F. (2006). Scopus database: A review. *Biomedical Digital Libraries*, *3*(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1742-5581-3-1>
- Ersoy, S., & Küçük, H. (2009). Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties. *Applied Acoustics*, *70*(1), 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2007.12.005>
- Fediuk, R., Amran, M., Vatin, N., Vasilev, Y., Lesovik, V., & Ozbakkaloglu, T. (2021). Acoustic Properties of Innovative Concretes: A Review. *Materials*, *14*(2), 398. <https://doi.org/10.3390/ma14020398>
- Harzing, A.-W., & Alakangas, S. (2016). Google Scholar, Scopus and the Web of Science: A longitudinal and cross-disciplinary comparison. *Scientometrics*, *106*(2), 787–804. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1798-9>
- Hill, K. M. (2016). In Search of Useful Collection Metadata: Using OpenRefine to Create Accurate, Complete, and Clean Title-level Collection Information. *Serials Review*, *42*(3), 222–228. <https://doi.org/10.1080/00987913.2016.1214529>
- Martín-Martín, A., Orduna-Malea, E., Thelwall, M., & Delgado López-Cózar, E. (2018). Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. *Journal of Informetrics*, *12*(4), 1160–1177. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.09.002>
- Mastali, M., Malovrh Rebec, K., Abdollahnejad, Z., Alzaza, A., Kinnunen, P., Karhu, M., Ducman, V., & Illikainen, M. (2022). Properties of lightweight fiber-reinforced alkali-activated concrete. In *Handbook of Advances in Alkali-Activated Concrete* (pp. 321–344). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85469-6.00014-3>
- Oldham, D. J., Egan, C. A., & Cookson, R. D. (2011). Sustainable acoustic absorbers from the biomass. *Applied Acoustics*, *72*(6), 350–363. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.12.009>
- Rey, R. D., Alba, J., Arenas, J. P., & Sanchis, V. J. (2012). An empirical modelling of porous sound absorbing materials made of recycled foam. *Applied Acoustics*, *73*(6–7), 604–609. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.12.009>
- Ruben Verborgh, Max De Wilde, & David Huynh. (2013). *Using OpenRefine: The Essential OpenRefine Guide That Takes You from Data Analysis and Error Fixing to Linking Your Dataset to the Web*. Packt Pub Ltd. <https://www.amazon.co.za/Using-OpenRefine-Essential-Analysis-Linking/dp/1783289082>
- Ružickij, R., Kizinič, O., Grubliauskas, R., & Astrauskas, T. (2023). Development of Composite Acoustic Panels of Waste Tyre Textile Fibres and Paper Sludge. *Sustainability*, *15*(3), 2799. <https://doi.org/10.3390/su15032799>
- Sajeena, T. A. M., & Pallath, N. (2024). Industrial Waste. In S. Thomas, M. Hosur, D. Pasquini, & C. Jose Chirayil (Eds.), *Handbook of Biomass* (pp. 231–246). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6727-8_9
- Sezgin, H., Kucukali-Ozturk, M., Berkalp, O. B., & Yalcin-Enis, I. (2021). Design of composite insulation panels containing 100% recycled cotton fibers and polyethylene/polypropylene packaging wastes. *Journal of Cleaner Production*, *304*, 127132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127132>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, *84*(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014). Visualizing Bibliometric Networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring Scholarly Impact* (pp. 285–320). Springer

- International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_13
- Yang, H.-S., Kim, D.-J., & Kim, H.-J. (2003). Rice straw–wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource Technology*, 86(2), 117–121. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00163-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00163-3)
- Zacho, K. O., Mosgaard, M., & Riisgaard, H. (2018). Capturing uncaptured values—A Danish case study on municipal preparation for reuse and recycling of waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.031>
- Zulkifli, R., Nor, M. J. M., Tahir, M. F. M., Ismail, A. R., & Nuawi, M. Z. (2008). Acoustic Properties of Multi-Layer Coir Fibres Sound Absorption Panel. *Journal of Applied Sciences*, 8(20), 3709–3714. <https://doi.org/10.3923/jas.2008.3709.3714>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>