

Tren dan Peta Tematik Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Olahraga Paralayang: Analisis Bibliometrik Publikasi Scopus Tahun 1989–2025

^{1*} Nanang Indardi, ² Sri Sumartiningsih ³ Hadi

¹²³Pendidikan Olahraga, Universitas Negeri Semarang, Jawa Tengah.

*Corresponding Author e-mail: nanangindardi@students.unnes.ac.id

ABSTRACT

Paragliding is an extreme air sport that requires the support of scientific and technological (S&T) innovation to ensure athlete safety and performance. However, comprehensive studies on trends and directions of research development in this field are still limited. This study aims to map trends and thematic maps of IPTEK innovation in paragliding based on Scopus-indexed publications for the period 1989–2025. The method used is quantitative descriptive with bibliometric analysis. Data were obtained through Boolean searches in Scopus and analyzed using VOSViewer to visualize the relationship between keywords. The results show a significant increase in publications in the last two decades. The findings indicate a significant increase in parameters with Cohen's $d = 1.2$, indicating a significant influence on the analyzed aspects, especially with advances in digital technology, biomechanical sensors, and data-driven safety systems. The most productive contributors come from Europe, particularly Germany, Switzerland, and the United Kingdom, with a predominance in aviation medicine. Thematic analysis reveals five main clusters: safety and injury risk, body physiology, participant participation and experience, paragliding activity trends, and aviation technology innovation. This study concludes that there has been a shift in research focus from medical aspects to the practical application of science and technology to improve safety, performance, and experience in paragliding, while also opening up opportunities for future interdisciplinary research development.

Keywords: Paragliding, bibliometrics, science and technology innovation, air sports safety, VOSViewer

Paralayang merupakan olahraga udara ekstrem yang menuntut dukungan inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) untuk menjamin keselamatan dan performa atlet. Namun, kajian komprehensif mengenai tren dan arah pengembangan riset di bidang ini masih terbatas. Penelitian ini bertujuan memetakan tren dan peta tematik inovasi IPTEK dalam olahraga paralayang berdasarkan publikasi terindeks Scopus periode 1989–2025. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan analisis bibliometrik. Data diperoleh melalui pencarian Boolean di Scopus dan dianalisis menggunakan VOSViewer untuk memvisualisasikan keterkaitan antar kata kunci. Hasil menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam parameter dengan Cohen's $d=1.2$, yang menunjukkan pengaruh besar pada aspek yang dianalisis, terutama seiring kemajuan teknologi digital, sensor biomekanik, dan sistem keselamatan berbasis data. Kontributor paling produktif berasal dari Eropa, terutama Jerman, Swiss, dan Inggris, dengan dominasi bidang kedokteran penerbangan. Analisis tematik mengungkap lima kluster

utama: keselamatan dan risiko cedera, fisiologi tubuh, partisipasi dan pengalaman peserta, tren aktivitas paralayang, serta inovasi teknologi penerbangan. Penelitian ini menyimpulkan adanya pergeseran fokus riset dari aspek medis menuju penerapan IPTEK yang aplikatif untuk meningkatkan keselamatan, performa, dan pengalaman dalam olahraga paralayang, sekaligus membuka peluang pengembangan riset interdisipliner di masa depan.

Kata kunci: Paralayang, bibliometrik, inovasi IPTEK, keselamatan olahraga udara, VOSViewer.

PENDAHULUAN

Paralayang (Paragliding) adalah olahraga udara yang melibatkan terbang menggunakan paraglider, yaitu sayap berbahan kain yang dipasang pada rangka tabung (Wentzel & Ewing, 2020). Paralayang, yang pertama kali muncul pada tahun 1940-an dan mengalami lonjakan popularitas pada tahun 1980-an, telah menjadi salah satu olahraga ekstrem yang paling populer. Diatur oleh peraturan penerbangan, paraglider adalah pesawat ringan yang dikendalikan oleh pilot untuk turun dari ketinggian tinggi ke rendah menggunakan peralatan parasut khusus. Paragliding dapat melibatkan berbagai jenis penerbangan, seperti penerbangan gunung, akrobatik, tandem komersial, atau penerbangan kompetitif (Exadaktylos et al., 2003; Wilkes et al., 2022). Paralayang sering dilakukan di daerah pegunungan atau perbukitan yang memiliki angin cukup untuk mendukung penerbangan. Selain sebagai pencapaian, Paralayang menawarkan pengalaman terbang yang bebas dan mendebarkan, dan banyak orang menikmati olahraga ini sebagai hobi atau aktivitas rekreasi (Wulandari et al., 2022).

Pesatnya perkembangan olahraga Paralayang menjadi pusat perhatian para akademisi di belahan dunia. Para peneliti mulai menyelidiki insiden cedera (C. Añón & Añón, 1990; M. Añón et al., 1991; T. Añón et al., 1992; U. Añón & Noesberger, 1990), Pertolongan pertama dan evakuasi dengan tim medis (X. Añón, 1989), aspek psikologis atlet Paralayang (Çalık et al., 2021; Filaire et al., 2007), pengembangan sistem pengendalian Paralayang untuk stabilisasi sudut kemiringan otomatis guna meningkatkan keselamatan pasif (Obergruber & Mehnen, 2016), dan penyelenggaraan festival Paralayang (Gyepi-Garbrah & Preko, 2022). Hal tersebut dilakukan guna menyediakan informasi penting tentang keselamatan berolahraga Paralayang, peningkatan prestasi, pengembangan alat untuk penekanan hambatan di udara, dan juga memetakan dampak olahraga Paralayang ke berbagai aspek termasuk aspek pariwisata.

Meskipun telah banyak peneliti melakukan penyelidikan pada Paralayang, namun belum pernah dilakukan perbandingan tentang olahraga Paralayang, dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis bibliometrik dan visualisasi terhadap tren riset dalam bidang olahraga paralayang dengan fokus pada Tematik Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Sehingga sangat diperlukan untuk mengetahui sejauh mana publikasi tentang olahraga Paralayang telah dilakukan guna mengidentifikasi celah-celah penelitian yang perlu dilakukan. Studi ini menjadi penting karena inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi berperan besar dalam mendukung keselamatan dan efektivitas olahraga udara ekstrem seperti paralayang. Tanpa adanya pemetaan ilmiah, sulit bagi peneliti dan praktisi untuk mengidentifikasi area riset yang potensial dan memahami tren global dalam penerapan IPTEK pada paralayang. Dengan meningkatnya kompleksitas peralatan terbang dan penerapan teknologi canggih seperti sensor biomekanik, pemodelan aerodinamis, serta sistem digital berbasis data, maka dibutuhkan tinjauan sistematis berbasis bibliometrik yang mampu menampilkan arah perkembangan dan distribusi penelitian di bidang ini.

Dalam hal peningkatan performa, era saat ini hampir semua olahraga tidak terlepas dengan penerapan teknologi, termasuk Paralayang. Beberapa studi juga melaporkan keterlibatan teknologi dalam olahraga Paralayang seperti deteksi dan rekomendasi titik panas secara real-time melalui pemantauan perilaku kolektif dalam paralayang (Wirz et al., 2011), pemanfaatan indikator kecepatan udara, sensor inersia MEMS, dan variometer (Teskey & Chow, 2010), pemantauan sistem pakaian oleh atlet Paralayang (Ledward, 2000), dan dampak aerodinamis dari pengembangan kanopi dalam paralayang (Chae et al., 2022).

Penelusuran literatur menunjukkan bahwa kajian bibliometrik tentang olahraga paralayang, khususnya yang menyoroti dimensi inovasi IPTEK, belum pernah dilakukan sebelumnya. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya menelaah aspek fisiologis, medis, dan risiko kecelakaan tanpa melihat keterkaitannya dengan perkembangan teknologi (Gazali et al., 2021; Hernández-Hernández et al., 2023; Morais et al., 2024; Prasetyo et al., 2025; Sharma et al., 2025; Yu et al., 2024). Sementara itu, riset-riset bibliometrik serupa telah dilakukan di cabang olahraga lain seperti panahan, selancar, dan pariwisata olahraga, namun belum menyentuh olahraga udara ekstrem. Oleh karena itu, terdapat celah penelitian yang

signifikan untuk memetakan secara sistematis bagaimana IPTEK diadopsi, diterapkan, dan berkembang dalam konteks olahraga paralayang. Berdasarkan hal tersebut, maka studi ini bertujuan untuk memetakan tren dan peta tematik inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam olahraga paralayang dengan pendekatan analisis bibliometrik.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tren dan peta tematik inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam olahraga paralayang berdasarkan publikasi terindeks Scopus selama tahun 1989–2025. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis tren produktivitas publikasi ilmiah; (2) mengidentifikasi penulis, institusi, dan negara yang paling produktif; (3) memetakan tema-tema utama penelitian yang berkembang melalui analisis keterkaitan kata kunci; serta (4) menafsirkan arah dan potensi pengembangan riset di masa mendatang.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan bibliometrik tematik pertama yang secara khusus memetakan inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam olahraga paralayang dengan menggunakan basis data Scopus dari periode 1989 hingga 2025. Studi ini tidak hanya mengidentifikasi tren produktivitas publikasi, tetapi juga mengelompokkan tema penelitian utama melalui analisis co-occurrence kata kunci menggunakan VOSViewer, sehingga mampu menampilkan peta tematik yang merepresentasikan arah riset global. Pendekatan ini memberikan perspektif baru tentang transformasi paralayang dari olahraga rekreasi menjadi bidang yang didukung oleh sains dan teknologi mutakhir.

Temuan studi ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik olahraga paralayang. Secara teoretis, hasil analisis memperluas pemahaman tentang bagaimana IPTEK diterapkan dalam konteks olahraga udara ekstrem melalui lima kluster utama: keselamatan dan risiko kecelakaan, pengalaman peserta, cedera dan kesehatan, aktivitas sosial dan tren partisipasi, serta inovasi teknologi penerbangan. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembang teknologi olahraga, federasi paralayang, maupun akademisi untuk merancang inovasi alat, metode pelatihan, dan sistem keselamatan berbasis data yang lebih adaptif dan efisien. Selain itu, peta tematik yang dihasilkan dapat menjadi referensi awal dalam mengarahkan kolaborasi lintas disiplin antara bidang olahraga, rekayasa teknologi, dan kesehatan penerbangan.

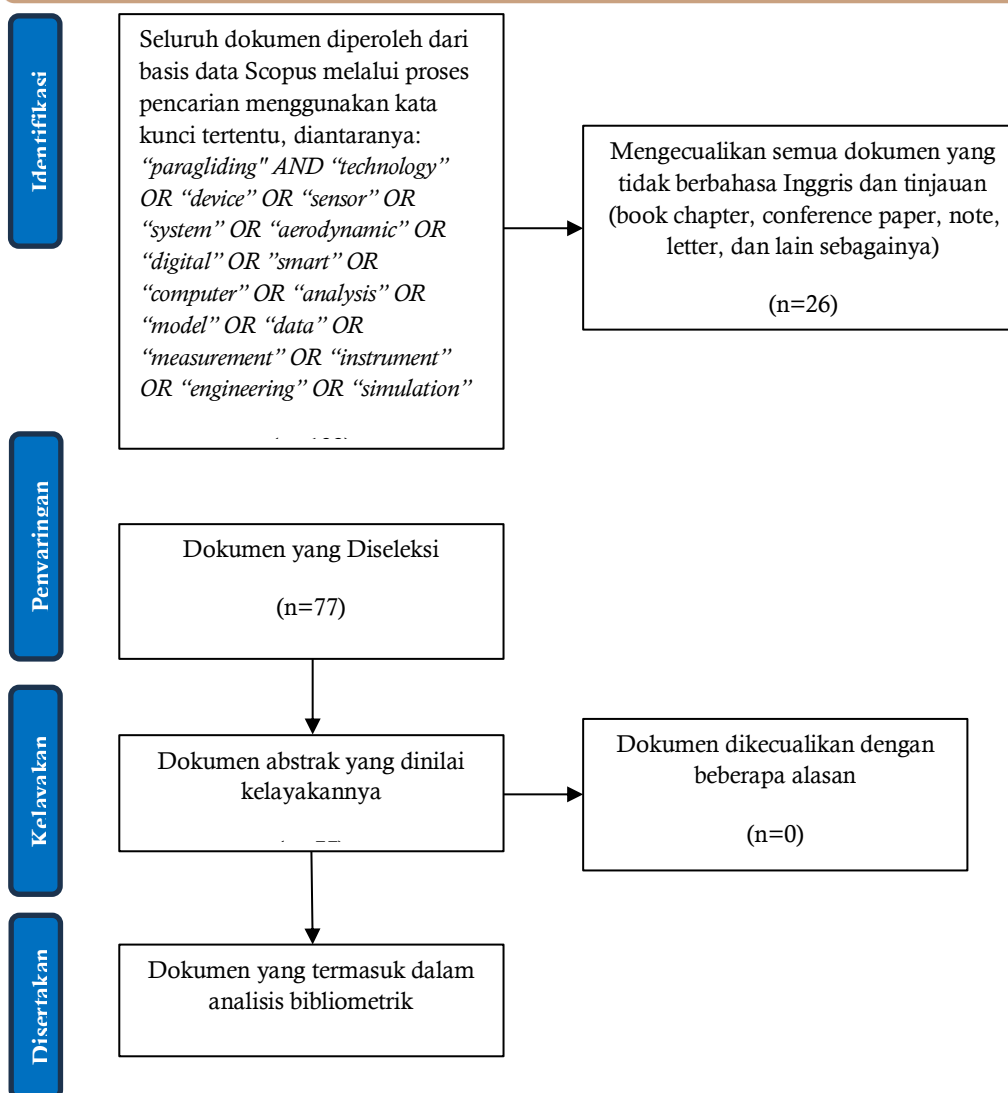
METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis bibliometrik. Sumber data diperoleh dari basis data Scopus yang digunakan dalam proses pengambilan sampel. Data dikumpulkan pada 16 Oktober 2025. Pencarian dilakukan menggunakan kueri Boolean berikut (TITLE-ABS-KEY (paragliding) AND TITLE-ABS-KEY (technology) OR TITLE-ABS-KEY (device) OR TITLE-ABS-KEY (sensor) OR TITLE-ABS-KEY (system) OR TITLE-ABS-KEY (aerodynamic) OR TITLE-ABS-KEY (digital) OR TITLE-ABS-KEY (smart) OR TITLE-ABS-KEY (computer) OR TITLE-ABS-KEY (analysis) OR TITLE-ABS-KEY (model) OR TITLE-ABS-KEY (data) OR TITLE-ABS-KEY (measurement) OR TITLE-ABS-KEY (instrument) OR TITLE-ABS-KEY (engineering) OR TITLE-ABS-KEY (simulation)) yang diterapkan pada judul artikel, abstrak, dan kata kunci (*Article Title, Abstract, Keywords*). Dari hasil pencarian tersebut, diperoleh 103 dokumen yang terdiri atas 78 artikel jurnal, 11 dokumen prosiding, 9 artikel tinjauan, 3 bab buku (*book chapter*), 1 surat (*Letter*), dan 1 artikel tinjauan dari prosiding (*conference review*). Rentang waktu publikasi mencakup seluruh dokumen yang terbit (1989) hingga 16 Oktober 2025. Untuk memastikan ketepatan dokumen yang dianalisis, digunakan bagan alur PRISMA sebagai pedoman proses *screening* (Gambar 1).

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini mengadopsi pendekatan analisis bibliometrik melalui pemetaan publikasi (Porter et al., 2002) serta analisis keterkaitan kata kunci (*keywords co-occurrence analysis*) yang merupakan bentuk dari *co-word analysis* (He, 1999). Analisis ini bertujuan untuk memetakan kontributor utama (seperti penulis, institusi, dan sumber publikasi), mengidentifikasi tren penelitian, serta menelusuri tema-tema utama yang berkembang dalam publikasi terkait.

Untuk memvisualisasikan data, peneliti menggunakan perangkat lunak VOSViewer yang dikembangkan oleh van Eck & Waltman, 2010) dari Universitas Leiden. Dalam proses analisis, diterapkan beberapa parameter utama pada VOSViewer, yaitu: 1) Type of analysis: *Co-occurrence analysis*, 2) Unit of analysis: *All keywords*, 3) Counting method: *Full counting*, dan 4) Minimum number of documents per author: 2 dokumen.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh publikasi ilmiah yang membahas topik olahraga paralayang (paragliding) dan inovasi ilmu pengetahuan serta teknologi (IPTEK) yang terindeks dalam basis data Scopus hingga tahun 2025. Populasi tersebut meliputi berbagai jenis dokumen, seperti artikel jurnal, prosiding konferensi, dan tinjauan pustaka dari berbagai disiplin ilmu yang relevan, seperti kedokteran penerbangan, rekayasa teknologi, serta ilmu keolahragaan. Sampel penelitian ditentukan melalui teknik purposive sampling, yaitu pemilihan dokumen yang relevan berdasarkan strategi pencarian Boolean dengan kata kunci seperti "paragliding", "sport technology", "aeromedical safety", dan istilah sepadan lainnya. Dari hasil pencarian tersebut, diperoleh 77 dokumen yang

memenuhi kriteria inklusi, yaitu publikasi yang secara eksplisit membahas paralayang dari perspektif ilmiah dan memiliki metadata lengkap (judul, abstrak, kata kunci, dan afiliasi). Dokumen-dokumen inilah yang selanjutnya dijadikan sampel untuk dianalisis secara bibliometrik menggunakan perangkat lunak VOSViewer guna memetakan tren, kontributor, serta peta tematik riset paralayang berbasis IPTEK.

Instrumen Penelitian

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat lunak VOSViewer yang berfungsi untuk melakukan analisis dan visualisasi bibliometrik terhadap data publikasi ilmiah. VOSViewer digunakan untuk mengidentifikasi serta memetakan jaringan keterkaitan antar elemen bibliometrik seperti kata kunci, penulis, institusi, dan negara asal publikasi. Selain itu, digunakan pula fitur analisis dari basis data Scopus, seperti *Analyze search results* dan *Export data*, untuk memperoleh informasi kuantitatif mengenai jumlah publikasi per tahun, jenis dokumen, serta distribusi bidang ilmu. Hasil ekspor data berupa file berformat CSV menjadi bahan utama untuk analisis lanjutan di VOSViewer.

Prosedur Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan melalui tahapan sistematis menggunakan strategi pencarian Boolean pada basis data Scopus dengan kombinasi kata kunci utama "*paragliding*" dan istilah terkait teknologi, keselamatan, serta olahraga ("*technology*", "*safety*", "*sport science*"). Pencarian dilakukan untuk periode 1989–2025 dengan penyaringan berdasarkan jenis dokumen ilmiah (artikel jurnal, prosiding, dan review) serta bahasa Inggris. Selanjutnya, hasil pencarian diekspor dalam format CSV yang mencakup informasi bibliografis lengkap (judul, penulis, afiliasi, tahun, kata kunci, dan abstrak). Data tersebut kemudian diperiksa untuk memastikan tidak terdapat duplikasi dan hanya mencakup publikasi yang relevan dengan fokus penelitian.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif melalui pendekatan bibliometrik. Analisis ini mencakup dua tahap: (1) analisis kinerja publikasi untuk mengidentifikasi tren produktivitas ilmiah, penulis, institusi, negara, dan bidang ilmu paling aktif; serta (2) analisis hubungan bibliometrik menggunakan VOSViewer untuk memetakan keterkaitan kata kunci (*co-occurrence analysis*) yang menggambarkan peta tematik riset. Visualisasi hasil analisis disajikan dalam bentuk *network visualization*,

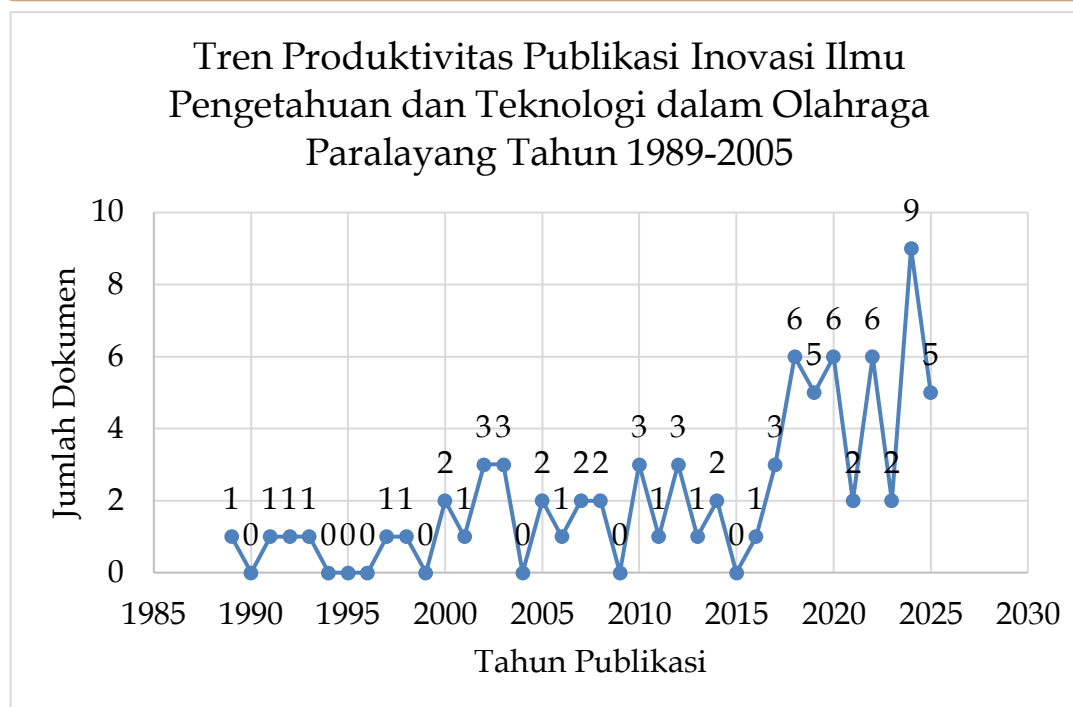
density visualization, dan *overlay visualization* untuk menafsirkan evolusi serta arah pengembangan riset paralayang berbasis IPTEK secara global.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Tren Produktivitas Publikasi Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Olahraga Paralayang Tahun 1989-2005

Berdasarkan data tren produktivitas publikasi inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam olahraga paralayang selama periode 1989–2025 (Gambar 2), terlihat bahwa penelitian pada bidang ini mengalami perkembangan yang fluktuatif namun menunjukkan kecenderungan peningkatan yang signifikan dalam dua dekade terakhir. Pada fase awal (1989–2000), publikasi masih sangat terbatas dengan frekuensi 0–2 artikel per tahun, menandakan tahap eksplorasi awal terhadap topik ini. Periode 2001–2014 menunjukkan peningkatan bertahap dengan jumlah publikasi yang relatif stabil (1–3 artikel per tahun), mencerminkan mulai terbangunnya minat ilmiah terhadap penerapan teknologi dalam olahraga paralayang. Lonjakan signifikan mulai terjadi pada 2017 dan mencapai puncaknya pada 2024 dengan sembilan publikasi, menandakan era percepatan inovasi dan digitalisasi, termasuk pemanfaatan kecerdasan buatan, sensor biomekanik, serta sistem keselamatan berbasis data. Secara keseluruhan, tren ini menunjukkan bahwa penelitian di bidang olahraga paralayang telah berkembang dari kajian dasar menuju riset terapan berbasis teknologi tinggi yang mendukung optimalisasi performa dan keselamatan atlet.



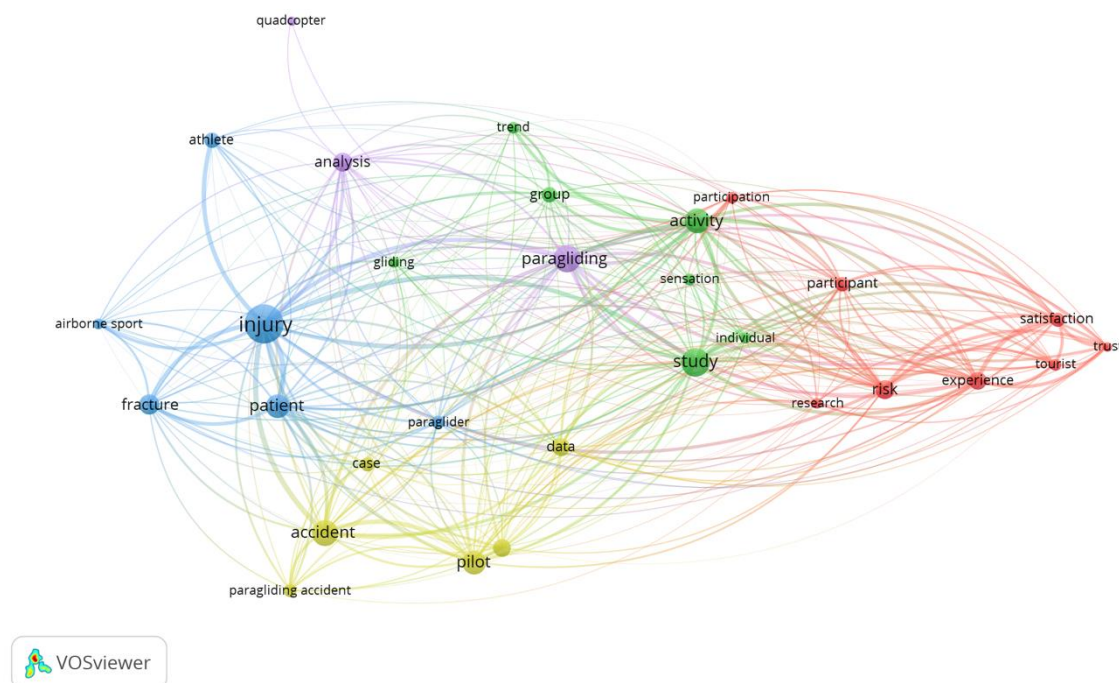
Gambar 2. Tren Produktivitas Publikasi Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Olahraga Paralayang Tahun 1989-2005. Sumber: Data peneliti berdasarkan data yang diperoleh dari Scopus (16 Oktober 2025)

Tabel 1. Profil 5 Teratas pada Publikasi tentang Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Olahraga Paralayang

Kategori	5 Tingkat Teratas
Subject Area	<i>Medicine (47); Health Professions (11); Engineering (10); Social Sciences (8); dan Business, Management and Accounting (7)</i>
Afiliasi	<i>University Hospital Bern (6); University of Bern (4); Aerospace Medicine and Human Performance (3); University of Portsmouth (3); dan Inserm (2)</i>
Negara	<i>Jerman (11); Amerika Serikat (8); Inggris (8); Swiss (8); dan Perancis (7).</i>
Source Title	<i>Aerospace Medicine and Human Performance (3); Wilderness and Environmental Medicine (2); Sportverletzung Sportschaden (2); Journal of Outdoor Recreation and Tourism (2); High Altitude Medicine and Biology (2)</i>
Author	<i>Exadaktylos, A.K. (5); Wilkes, M. (4); Tipton, M.J. (3); Massey, H. (2); dan Eglin, C. (3)</i>

Sumber: Data peneliti berdasarkan data yang diperoleh dari Scopus (16 Oktober 2025)

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik menggunakan VOSViewer pada Tabel 1, penelitian mengenai inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam olahraga paralayang didominasi oleh bidang kedokteran (*Medicine*) dengan fokus pada kesehatan dan performa manusia di lingkungan ekstrem. Lembaga paling produktif berasal dari University Hospital Bern dan University of Bern, sementara negara dengan kontribusi terbesar adalah Jerman, diikuti Amerika Serikat, Inggris, Swiss, dan Perancis. Publikasi banyak terbit di jurnal bertema kedokteran penerbangan dan lingkungan ekstrem, seperti *Aerospace Medicine and Human Performance* serta *Wilderness and Environmental Medicine*. Penulis paling produktif adalah Exadaktylos, A.K., diikuti oleh Wilkes, M. dan Tipton, M.J. Temuan ini menunjukkan bahwa penelitian paralayang masih berfokus pada aspek medis dan fisiologis, khususnya terkait keselamatan dan adaptasi tubuh terhadap ketinggian.



Gambar 3. Peta visualisasi hubungan kata kunci berdasarkan analisis co-occurrence menggunakan VOSviewer

Sumber: Data peneliti berdasarkan data yang diperoleh dari Scopus (16 Oktober 2025) yang telah dianalisis dengan aplikasi VOSViewer.

Berdasarkan peta jaringan (*network visualization*) pada Gambar 3, diperoleh lima cluster utama yang merepresentasikan tema penelitian terkait inovasi IPTEK dalam olahraga paralayang. Tabel 3 menjelaskan kelima klaster tersebut.

Tabel 3. Kelompok Kata Kunci Frekuensi Tinggi yang Terkait dengan Publikasi tentang Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam Olahraga Paralayang

Klaster	Jumlah Kata Kunci	Tema Utama	Kata Kunci
Klaster 1	8	Pengalaman dan Persepsi Peserta dalam Aktivitas Paralayang	<i>experience</i> (36); <i>participant</i> (22); <i>participation</i> (15); <i>research</i> (14); <i>risk</i> (41); <i>satisfaction</i> (23); <i>tourist</i> (17); dan <i>trust</i> (10).
Klaster 2	7	Karakteristik Aktivitas dan Tren Penelitian Paralayang	<i>activity</i> (69); <i>gliding</i> (12); <i>group</i> (27); <i>individual</i> (13); <i>sensation</i> (15); <i>study</i> (86); <i>trend</i> (16).
Klaster 3	6	Cedera dan Dampak Fisik pada Atlet Paralayang	<i>Airbone sport</i> (12); <i>athlete</i> (27); <i>fracture</i> (46); <i>injury</i> (161); <i>paraglider</i> (20); dan <i>patient</i> (63).
Klaster 4	6	Analisis Kecelakaan dan Faktor Risiko dalam Paralayang	<i>accident</i> (76); <i>case</i> (24); <i>data</i> (35); <i>flight</i> (35); <i>paragliding accident</i> (20); dan <i>pilot</i> (63).
Klaster 5	3	Teknologi dan Analisis Paralayang Modern	<i>analysis</i> (41); <i>paragliding</i> (83); dan <i>quadcopter</i> (11).

Sumber: Data peneliti berdasarkan data yang diperoleh dari Scopus (16 Oktober 2025) yang telah dianalisis dengan aplikasi VOSViewer.

Hasil analisis *co-occurrence* kata kunci menggunakan VOSviewer (Gambar 3) menunjukkan adanya lima klaster tematik utama yang membentuk peta penelitian inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam olahraga paralayang. Klaster 1 berfokus pada tema pengalaman dan partisipasi peserta, yang mencakup kata kunci seperti *experience*, *participant*, *satisfaction*, dan *trust*, menggambarkan kajian tentang persepsi dan kepuasan individu dalam aktivitas paralayang. Klaster 2 berkaitan dengan aktivitas dan dinamika sosial olahraga paralayang, ditunjukkan oleh kata kunci seperti *activity*, *gliding*, *group*, dan *trend*, yang menekankan dimensi perilaku dan tren partisipasi. Klaster 3 menyoroti aspek cedera dan kesehatan atlet, dengan kata kunci dominan seperti *injury*, *fracture*, dan *patient*, sehingga mencerminkan perhatian ilmiah terhadap risiko fisiologis dan penanganan medis pada atlet paralayang. Klaster 4 mengangkat tema keselamatan penerbangan dan kecelakaan,

melalui kata kunci seperti accident, flight, dan pilot, yang berhubungan dengan analisis penyebab dan pencegahan insiden dalam olahraga udara ini. Terakhir, Klaster 5 menggambarkan inovasi teknologi dalam analisis paralayang, dengan kata kunci seperti analysis, paragliding, dan quadcopter, menunjukkan arah penelitian menuju penggunaan teknologi modern untuk pemantauan dan evaluasi performa serta keselamatan. Secara keseluruhan, kelima klaster ini memperlihatkan bahwa penelitian dalam bidang olahraga paralayang berkembang ke arah kajian terpadu yang menyoroti pengalaman peserta, risiko dan keselamatan, serta penerapan teknologi untuk mendukung keamanan dan efektivitas olahraga tersebut.

Berdasarkan hasil pemetaan kata kunci, tema tematik utama yang muncul bukan berfokus pada pengembangan teknologi baru secara langsung, melainkan pada penerapan inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam memahami serta mengelola risiko, pengalaman, dan keselamatan aktivitas paralayang. Hal ini menunjukkan bahwa arah penelitian dalam bidang ini bergerak menuju aplikasi IPTEK untuk mitigasi risiko dan peningkatan keselamatan atlet maupun peserta paralayang, yang mencerminkan bentuk inovasi praktis dalam ranah olahraga udara ekstrem.

PEMBAHASAN

Gambaran Umum Tren Publikasi

Hasil analisis tren produktivitas publikasi menunjukkan bahwa penelitian mengenai inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam olahraga paralayang mengalami perkembangan yang dinamis sejak tahun 1989 hingga 2025. Pada periode awal (1989–2000), jumlah publikasi masih sangat terbatas dengan rata-rata satu hingga dua artikel per tahun. Kondisi ini menggambarkan tahap eksplorasi awal di mana paralayang mulai diperkenalkan sebagai cabang olahraga ekstrem yang menarik perhatian komunitas akademik. Memasuki awal tahun 2000-an, jumlah publikasi mulai meningkat secara bertahap seiring dengan berkembangnya teknologi penerbangan ringan, sistem keselamatan udara, serta meningkatnya kesadaran terhadap faktor risiko dan cedera pada olahraga ekstrem.

Peningkatan yang signifikan terjadi pada dua dekade terakhir, terutama setelah tahun 2015, ketika teknologi digital, perangkat sensor, dan sistem data analitik mulai diintegrasikan dalam aktivitas olahraga. Puncak

produktivitas terjadi pada tahun 2024 dengan sembilan publikasi, menandakan adanya percepatan inovasi dan digitalisasi dalam olahraga paralayang. Tren ini menunjukkan adanya pergeseran fokus penelitian dari aspek medis dan cedera menuju penerapan teknologi modern untuk peningkatan performa dan keselamatan atlet. Secara keseluruhan, peningkatan jumlah publikasi dari tahun ke tahun menandakan meningkatnya minat ilmiah global terhadap penerapan IPTEK dalam olahraga udara, serta memperkuat posisi paralayang sebagai bidang penelitian yang potensial dalam konteks interdisipliner antara teknologi (Ledward, 2000; Obergruber & Mehnen, 2016; Teskey & Chow, 2010; Wirz et al., 2011), keselamatan (Obergruber & Mehnen, 2016; Setyawati et al., 2024), dan performa atlet (Filaire et al., 2007; Guskowska & Boldak, 2010; Koohgilani, 1995; Milheiro et al., 2011; Teskey & Chow, 2010).

Distribusi Kontributor dan Jurnal

Analisis terhadap distribusi kontributor memperlihatkan bahwa penelitian inovasi IPTEK dalam olahraga paralayang didominasi oleh institusi dan penulis dari negara-negara Eropa, terutama Jerman, Swiss, Inggris, dan Prancis. Lembaga yang paling produktif antara lain University Hospital Bern, University of Bern, serta Aerospace Medicine and Human Performance. Hal ini menunjukkan bahwa pusat penelitian terkait paralayang banyak berakar dari disiplin ilmu kedokteran penerbangan dan fisiologi lingkungan ekstrem. Penulis yang paling berkontribusi dalam bidang ini adalah Exadaktylos, A.K., diikuti oleh Wilkes, M., dan Tipton, M.J., yang sebagian besar meneliti isu keselamatan dan adaptasi fisiologis manusia terhadap tekanan atmosfer saat terbang.

Publikasi banyak ditemukan dalam jurnal bertema medis dan keselamatan udara seperti Aerospace Medicine and Human Performance, Wilderness and Environmental Medicine, dan Sportverletzung Sportschaden. Dominasi bidang kedokteran ini menandakan bahwa arah penelitian masih lebih menekankan pada aspek medis (Bentley et al., 2007; Çevik et al., 2017) dan keselamatan penerbangan (Wulandari et al., 2022) dibandingkan peningkatan performa atletik semata. Namun demikian, orientasi ini juga menunjukkan adanya integrasi inovasi teknologi dalam aspek pengukuran fisiologis, sistem monitoring penerbangan, serta pengembangan perangkat keselamatan berbasis data. Dengan demikian, kontribusi ilmuwan kedokteran dan rekayasa teknologi menjadi fondasi

penting dalam memperluas pemahaman terhadap faktor keselamatan dan efisiensi olahraga paralayang modern

Tema Tematik Utama

Sintesis dari hasil pemetaan menunjukkan bahwa tema besar penelitian dalam olahraga paralayang berpusat pada “Kajian Risiko, Pengalaman, dan Keselamatan dalam Aktivitas Paralayang.” Tema ini menggambarkan arah perkembangan IPTEK yang aplikatif, yaitu penerapan ilmu dan teknologi untuk mitigasi risiko serta peningkatan keamanan dan kinerja atlet. Pendekatan ilmiah ini menggabungkan rekayasa aerodinamis, sistem sensorik, dan analisis data fisiologis sebagai upaya meningkatkan efisiensi penerbangan dan mengurangi potensi kecelakaan.

Jika dibandingkan dengan studi pada olahraga ekstrem lain seperti selancar, panjat tebing, dan terjun payung, penelitian paralayang menunjukkan karakteristik unik karena mengintegrasikan faktor lingkungan udara dan dinamika aerodinamis. Dengan demikian, penelitian di bidang ini menempati posisi penting dalam pengembangan paradigma baru olahraga ekstrem berbasis teknologi, di mana keselamatan dan pengalaman peserta menjadi fokus utama inovasi ilmiah.

Keterbatasan Studi

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis yang perlu dicermati. Pertama, penggunaan hanya satu basis data yaitu Scopus dapat membatasi cakupan literatur karena tidak mencakup publikasi dari sumber non-Scopus, seperti jurnal nasional atau prosiding lokal yang mungkin relevan. Kedua, analisis bibliometrik yang digunakan bersifat kuantitatif, sehingga tidak mengevaluasi kualitas isi maupun kedalaman inovasi dalam setiap artikel. Ketiga, karena data dikumpulkan hingga Oktober 2025, hasil analisis ini bersifat dinamis dan dapat berubah seiring pembaruan indeks Scopus di masa mendatang. Oleh sebab itu, hasil penelitian ini perlu ditafsirkan sebagai gambaran tren sementara yang memerlukan pembaruan periodik agar tetap relevan dengan perkembangan ilmu dan teknologi terbaru.

Implikasi Praktis dan Arah Penelitian Lanjutan

Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan kontribusi bagi berbagai pihak. Bagi peneliti, studi ini menegaskan pentingnya pendekatan interdisipliner antara olahraga, teknologi, dan kedokteran penerbangan untuk memahami secara komprehensif aspek keselamatan dan performa

dalam olahraga udara ekstrem. Bagi praktisi paralayang, hasil pemetaan ini dapat menjadi dasar dalam pemanfaatan perangkat berbasis IPTEK seperti wearable devices, sensor biometrik, dan sistem simulasi penerbangan untuk meningkatkan keselamatan, pelatihan, serta efisiensi terbang.

Arah penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas cakupan analisis ke database lain seperti Web of Science atau Dimensions, serta mengintegrasikan pendekatan kualitatif untuk mengeksplorasi narasi dan inovasi yang lebih mendalam. Penelitian mendatang juga dapat difokuskan pada pengembangan teknologi adaptif berbasis kecerdasan buatan (AI) dalam pengendalian paralayang, serta studi eksperimental tentang pengaruh pelatihan berbasis simulasi digital terhadap performa dan keselamatan pilot paralayang.

Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memperkaya literatur akademik, tetapi juga memberikan arah baru bagi pengembangan inovasi IPTEK yang mendukung keselamatan, performa, dan keberlanjutan olahraga paralayang di masa depan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik terhadap publikasi terindeks Scopus selama periode 1989–2025, penelitian ini berhasil memetakan secara komprehensif tren dan peta tematik inovasi ilmu pengetahuan dan teknologi dalam olahraga paralayang. Pertama, hasil analisis tren produktivitas publikasi menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam dua dekade terakhir, yang menandakan tumbuhnya minat akademik global terhadap penerapan IPTEK pada olahraga udara ekstrem. Kedua, dari sisi kontribusi, penelitian ini menemukan bahwa publikasi paling banyak berasal dari negara-negara Eropa seperti Jerman, Swiss, dan Inggris, dengan dominasi institusi seperti University Hospital Bern dan University of Bern, serta penulis terkemuka seperti Exadaktylos, A.K. yang banyak meneliti aspek medis dan keselamatan penerbangan. Ketiga, hasil pemetaan kata kunci menghasilkan lima klaster utama yang menggambarkan arah penelitian dalam bidang ini, yaitu: risiko cedera dan keselamatan, fisiologi tubuh dan adaptasi terhadap kondisi ekstrem, pengalaman penerbangan dan pelatihan, karakteristik aktivitas dan tren partisipasi, serta penerapan teknologi modern dalam analisis dan keselamatan paralayang.

Secara sintesis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fokus riset global tentang paralayang tidak hanya berkisar pada aspek keselamatan medis, tetapi juga telah bergeser menuju penerapan inovasi IPTEK untuk mendukung performa, keamanan, dan pengalaman partisipan. Hal ini menandakan transformasi paralayang dari olahraga rekreasional menjadi bidang yang sarat dengan pendekatan ilmiah dan teknologi tinggi. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi penting dalam memberikan gambaran arah pengembangan riset di masa depan, sekaligus membuka peluang bagi kolaborasi interdisipliner antara bidang olahraga, rekayasa teknologi, dan kesehatan penerbangan untuk menciptakan inovasi yang lebih adaptif, aman, dan berkelanjutan dalam olahraga paralayang.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil pemetaan tren dan peta tematik penelitian, disarankan agar pengembangan riset di bidang olahraga paralayang ke depan lebih berfokus pada pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan aspek teknologi, biomekanika, keselamatan, dan psikologi olahraga. Kolaborasi antara peneliti dari bidang rekayasa penerbangan, kedokteran olahraga, serta ilmu keolahragaan perlu diperkuat untuk menghasilkan inovasi yang aplikatif dalam meningkatkan keselamatan, performa, dan pengalaman atlet maupun peserta rekreasi. Selain itu, penelitian di masa mendatang perlu memanfaatkan teknologi sensor, pemodelan data, dan kecerdasan buatan (AI) untuk analisis risiko dan pengembangan sistem keselamatan berbasis data real time. Diperlukan pula dukungan kelembagaan dan kebijakan riset nasional agar penelitian mengenai olahraga udara, khususnya paralayang, dapat berkembang lebih luas di Indonesia, mengingat potensi geografis dan komunitas olahraga ekstrem yang terus tumbuh. Dengan demikian, hasil riset tidak hanya berkontribusi pada literatur ilmiah global, tetapi juga memberikan manfaat praktis bagi peningkatan kualitas pelatihan, perlombaan, dan keselamatan penerbangan olahraga di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Añón, C., & Añón, S. (1990). Paragliding injuries: Epidemiology and manifestations. *Zeitschrift Fur Unfallchirurgie Versicherungsmedizin Und Berufskrankheiten*, 83(3), 159–167.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

[0025044176&partnerID=40&md5=f9c7149cdfb42f69cf420a81305fb51b](https://doi.org/10.1136/bjsm.25.2.98)

- Añón, M., Añón, C. H., & Añón, W. (1991). Paragliding injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 25(2), 98-101.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.25.2.98>
- Añón, T., Billing, A., & Lob, G. (1992). Injuries in paragliding. *International Orthopaedics*, 16(3), 255-259. <https://doi.org/10.1007/BF00182706>
- Añón, U., & Noesberger, B. (1990). Accidents and injuries resulting from paragliding. *Zeitschrift Fur Unfallchirurgie Versicherungsmedizin Und Berufskrankheiten*, 83(3), 168-171.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0025047676&partnerID=40&md5=28587ad7088cd462194f4a4b281fc7fa>
- Añón, X. (1989). Parapente accidents: First aid and rescue with a medical team. *Urgences Medicales*, 8(3), 216-221.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0024445991&partnerID=40&md5=f393485b1797b5876b358036f2cbc420>
- Bentley, T. A., Page, S. J., & MacKy, K. A. (2007). Adventure tourism and adventure sports injury: The New Zealand experience. *Applied Ergonomics*, 38(6), 791-796.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.10.007>
- Çalık, D. S., Gürsoy, R., & Saruhan, E. (2021). Evaluation of the psychological and hormonal parameters in paragliding. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 34, 15-23.
<https://doi.org/10.18276/CEJ.2021.2-02>
- Çevik, A. A., Kaya, F. B., Acar, N., Şahin, A., & Özakin, E. (2017). Injury, hospitalization, and operation rates are low in aerial sports. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 17(3), 81-84.
<https://doi.org/10.1016/j.tjem.2016.11.004>
- Chae, S., Shin, J., Shin, Y., Hwang, S., Park, J., Song, G., & Kim, J. (2022). Aerodynamic effects of canopy inflation in paragliding. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 36(4), 1835-1846.
<https://doi.org/10.1007/s12206-022-0320-6>

- Exadaktylos, A. K., Sclabas, G., Eggli, S., Schönfeld, H., Gygax, E., & Zimmermann, H. (2003). Paragliding accidents – the spine is at risk. A study from a Swiss Trauma Centre. *European Journal of Emergency Medicine*, 10(1), 27–29.
- Filaire, E., Alix, D., Rouveix, M., & Le Scanff, C. L. (2007). Motivation, stress, anxiety, and cortisol responses in elite paragliders. *Perceptual and Motor Skills*, 104(3 II), 1271–1281. <https://doi.org/10.2466/PMS.104.4.1271-1281>
- Gazali, N., Cendra, R., Dwi Saputra, H., Binti Saad, N., ME Winarno, M. E., Nanda Hanief, Y., Hafezad Abdullah, K., Izwan Shahril, M., & Tulyakul, S. (2021). Trends and patterns of 2013 curriculum research in physical education: Bibliometric analysis from 2013–2020. *Multilateral: Jurnal Pendidikan Jasmani Dan Olahraga*, 20(3), 179–199. <https://doi.org/10.20527/multilateral.v20i3.11656>
- Guszkowska, M., & Bołdak, A. (2010). Sensation seeking in males involved in recreational high risk sports. *Biology of Sport*, 27(3), 157–162. <https://doi.org/10.5604/20831862.919331>
- Gyepi-Garbrah, T. F., & Preko, A. (2022). Paragliding festival: understanding stakeholder perception of environmental attitudes and tourism performance. *International Journal of Event and Festival Management*, 13(3), 326–350. <https://doi.org/10.1108/IJEFM-09-2021-0072>
- He, Q. (1999). *Knowledge discovery through co-word analysis*.
- Hernández-Hernández, J. A., Londoño-Pineda, A., Cano, J. A., & Gómez-Montoya, R. (2023). Stakeholder governance and sustainability in football: A bibliometric analysis. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18942>
- Koohgilani, M. (1995). High performance fibre ropes take to the skies. *Technical Textiles International*, 4(3), 14–16. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0029278336&partnerID=40&md5=8ca685a573423a369d2f6ad0db0ea758>
- Ledward, K. (2000). *Field Testing and Monitoring of Clothing Systems*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

0034008892&partnerID=40&md5=5172fda30710a78d76dedc7e568a75c6

- Milheiro, I., Rocha, S., & MacHado, A. (2011). Falling (or ascending) into oblivion: Transient global amnesia with paragliding. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 23(4), 40. <https://doi.org/10.1176/appi.neuropsych.23.4.e40>
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Arellano, R., Silva, A. J., Sampaio, T., Oliveira, J. P., & Marinho, D. A. (2024). Race analysis in swimming: understanding the evolution of publications, citations and networks through a bibliometric review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1413182. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1413182>
- Obergruber, J., & Mehnen, L. (2016). Development of a Paraglide Control System for Automatic Pitch Stabilization to Increase the Passive Safety. *Procedia Engineering*, 147, 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.184>
- Porter, A. L., Kongthon, A., & Lu, J.-C. (2002). Research profiling: Improving the literature review. *Scientometrics*, 53(3), 351–370. <https://doi.org/10.1023/A:1014873029258>
- Prasetyo, Y., Nugroho, S., Sulistiyono, S., & Nurhidayah, D. (2025). Ascertaining the Evolution and Research Trends on Virtual Reality in Archery: A Bibliometric Analysis. *Physical Education Theory and Methodology*, 25(4), 963–971. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2025.4.26>
- Setyawati, H., Nasuka, N., Kusuma, D. W. Y., Appukutty, M., & Adi, S. (2024). Analysis of Sport Tourism Potential, Occupational Safety and Health in Tandem Paragliding. *Kemas*, 20(2), 295–302. <https://doi.org/10.15294/kemas.v20i2.50323>
- Sharma, A. K., Sharma, R., & Verma, R. (2025). *Entrepreneurship Opportunities in Adventure Tourism: Insights from a Bibliometric Study*. <https://doi.org/10.1108/978-1-83662-256-720251009>
- Teskey, W. J. E., & Chow, J. C. K. (2010). Determining a free flight performance surface by mathematical optimization techniques utilizing an air speed indicator, MEMS inertial sensors and a

- variometer. *Journal of Applied Geodesy*, 4(2), 61–68.
<https://doi.org/10.1515/jag.2010.007>
- 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>
- Wentzel, B., & Ewing, E. (2020). *Paragliding: The Beginner's Guide*. Cross Country International.
- Wilkes, Matt, Long, Geoff, Massey, Heather, Eglin, Clare, & Tipton, Mike. (2022). Quantifying Risk in Air Sports: Flying Activity and Incident Rates in Paragliding. *Wilderness & Environmental Medicine*, 33(1), 66–74.
<https://doi.org/10.1016/j.wem.2021.11.011>
- Wirz, M., Strohrmann, C., Patscheider, R., Hilti, F., Gahr, B., Hess, F., Roggen, D., & Tröster, G. (2011). *Real-time detection and recommendation of thermal spots by sensing collective behaviors in paragliding*. 7–12. <https://doi.org/10.1145/2030066.2030070>
- Wulandari, M., Pramono, H., & Rustiadi, T. (2022). Paragliding recreational sports management in mountain panten, majalengka regency, west java province. *Journal of Physical Education and Sports*, 11(1), 1–8.
<https://doi.org/10.15294/JPES.V11I1.55692>
- Yu, C., Liu, M., & Li, Y. (2024). Research progress on Chinese traditional archery: a visualization analysis based on CiteSpace. *Revista de Psicología Del Deporte (Journal of Sport Psychology)*, 33(1), 243–257.