Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika
ISSN (print) : 2549-9955
ISSN (online): 2549-9963

https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/jipf/index
Vol 5 No 3 2021
hal 368-387

Analisis Bibliometrik Implementasi Pembelajaran Fisika Berbasis STEM pada Tahun 2011-2021

Irda Sukmawati Dewi, Mukhayyarotin Niswati Rodliyatul Jauhariyah*
Prodi S-1 Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
mukhayyarotinjauhariyah@unesa.ac.id

Abstrak

Analisis tren perkembangan penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM pada tahun 2011-2021 dengan menggunakan metode bibliometrik bertujuan untuk mendeskripsikan, (1) perkembangan publikasi ditinjau dari jumlah, tipe dan bahasa;, (2) top sepuluh publikasi berdasarkan negara, institusi dan peneliti di dunia dan Negara Indonesia;, (3) media ilmiah dan subjek publikasi ilmiah;, (4) visualisasi VOSviewer perkembangan publikasi;, dan (5) visualisasi VOSviewer perkembangan publikasi berdasarkan peneliti. Pengumpulan data melalui penelusuran di Scopus dengan kategori artikel, abstrak dan kata kunci pada tahun 2011-2021. Database dianalisis menggunakan *software* VOSviewer dan Microsoft Excel 2010. Berdasarkan hasil penelitian diketahui tipe dokumen publikasi berupa *conference proceeding*, jurnal, buku series dan buku dengan penelitian tertinggi pada tahun 2020. Negara yang banyak mempublikasikan penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM adalah United States, dan Universitas Negeri Malang menduduki tingkat pertama yang aktif dalam mengulas pembelajaran fisika berbasis STEM tahun 2011-2021. *Social sciences* adalah subjek yang banyak diulas dan *Journal of Physics Conference Series* masuk dalam prosiding yang aktif dalam mempublikasikan pembelajaran fisika berbasis STEM. Pada visualisasi VOSviewer publikasi pembelajaran fisika berbasis STEM terbukti dapat mengembangkan keterampilan abad ke-21. Namun, belum ada peneliti yang mengkaji keterampilan *cross-cultural understanding*, *communication* dan *career & learning self-reliance* dalam pembelajaran fisika berbasis STEM. Selain itu, visualisasi VOSviewer berdasarkan pengarang ditemukan 23 klaster. Berdasarkan temuan ini, penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM direkomendasikan untuk dikembangkan lebih lanjut, terutama yang berkaitan dengan keterampilan *cross-cultural understanding*, *communication*, dan *career & learning self-reliance*.

Kata Kunci: Analisis Bibliometrik; Pembelajaran Fisika; Keterampilan Abad Ke-21; STEM

Abstract

Trend analysis of the STEM-based development of physics learning research in 2011-2021 using a bibliometric method to describe (1) Publication growth in terms of quantity, type, and language; (2) Country, institution, and author rankings of top ten publications; (3) core journals and scientific publication subjects, (4) VOSviewer visualization of publication developments; (5) Researcher-driven visualization of VOSviewer publication developments. We used the Scopus database to collect articles, abstracts, and keywords in 2011-2021. VOSviewer software and Microsoft Excel 2010 were used to analyze the database. Research results, conference proceedings, journals, book series, and books will have the highest research in 2020. The United States and state universities are frequent publishers of STEM-based physics learning studies. Malang achieved the status of a first-level research institution. Social science`s subject is often reviewed, and the Journal of Physics Conference Series`s included in a scientific media that is active in publishing STEM-based physics learning. In the VOSviewer visualization of

This is an open access article under the CC–BY-SA license

development, STEM-based physics learning proves able to develop 21st-century skills. However, in STEM-based physics learning, no studies have been done on cross-cultural comprehension, communication, and career and learning self-reliance; A VOSviewer graphic created by the author also detected 23 clusters. Based on these findings, STEM-based physics learning research is recommended to be further developed, especially those related to cross-cultural understanding, communication, and career & learning self-reliance skills.

***Keywords**: Bibliometric Analysis; Physics Learning;* STEM; *21st Century Skills*

Received : 14 Agustus 2021
Accepted : 22 Oktober 2021
Published : 31 Oktober 2021
DOI : https://doi.org/10.20527/jipf.v5i3.3904

© 2021 Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika

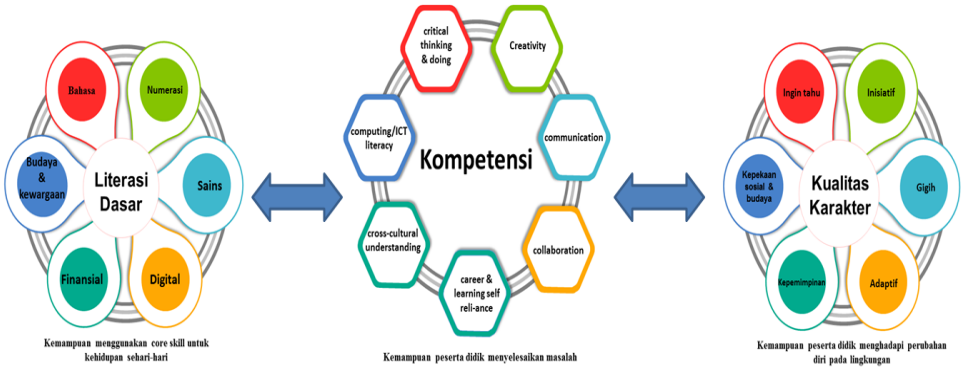
***How to cite*:** Dewi, I. S. & Jauhariyah, M. N. R. (2021). Analisis bibliometrik implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM pada tahun 2011-2021. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, *5*(3), 357-376.

PENDAHULUAN

Dimulai tahun 2001 hingga saat ini, dunia memasuki abad ke-21. Pada saat ini, perkembangan teknologi dan informasi sangat pesat (Kristiani et al., 2017). Dengan perkembangan tersebut, dunia pendidikan juga memiliki tantangan, salah satunya mempersiapkan dan memfasilitasi peserta didik untuk mempunyai keterampilan abad ke-21 (Siswanto, 2018). Pendidikan adalah salah satu usaha untuk mempersiapkan sumber daya manusia yang berpikir kritis, bernalar, logis dan sistematis yang nantinya mampu menjawab tantangan global dan meningkatkan perekonomian Negara (Yulia & Ramli, 2019). Faktor yang berpengaruh pada kesuksesan pelaksanaaan pendidikan adalah proses pembelajaran yang mampu menyesuaikan dengan perkembangan zaman (Maliki, 2021).

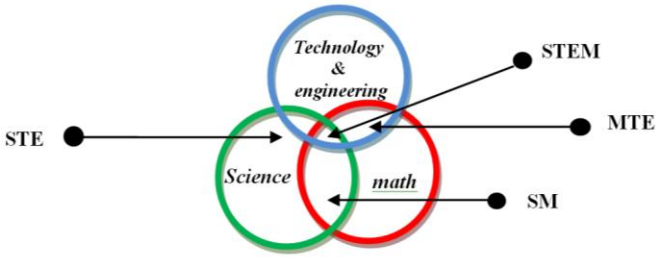
Memasuki era revolusi industri 4.0 dan era *society* 5.0, penggunaan teknologi menjadi basis pada kehidupan manusia (Thahir et al., 2020). Era industri 4.0 memperkenalkan sebuah gagagasan *cyber-physical system* (CPS) yang merupakan gabungan dari physical system, komputasi dan network/komunikasi. Sedangkan era *society* 5.0 merupakan penyempurnaan dari gagasan era industri 4.0 (Sabri, 2019). Dimana pada era ini manusia tidak dijadikan sebagai objek melainkan subjek dari penggunaan teknologi. Di era *society* 5.0 manusia menggunakan teknologi untuk menyelesaikan permasalahan dengan bantuan produk inovasi dari era industri 4.0 seperti IOT, *artificial intelligence* dan *big data*. Sehingga pada era ini dikenal sebagai era tatanan masyarakat yang berpusat pada manusia dan berbasis teknologi (Sabri, 2019; Siswanto, 2019). Dalam upaya menjawab isu-isu pada era ini, dunia pendidikan memiliki tantangan yaitu melatih peserta didik untuk memiliki keterampilan abad 21. Keterampilan abad ke-21 dibagi menjadi tiga kategori yaitu kualitas karakter, kompetensi, dan literasi dasar. Literasi dasar terdiri atas: (1) literasi bahasa,; (2) literasi numerasi,; (3) literasi sains,; (4) literasi digital,; (5) literasi finansial;, dan (6) literasi budaya dan kewargaan (Masitoh, 2018; Nugraha & Octavianah, 2020). Dikembangkannya enam literasi dasar tersebut bertujuan agar peserta didik memiliki kompetensi abad ke-21

yang biasa disebut sebagai "*The Seven C's 21st" century skills* antara lain: (1) *Critical thinking & doing*, (2) *Creativity*, (3) *Communication*, (4) *Collaboration*, (5) *Career & learning self-reliance*, (6) *Cross-cultural understanding*, (7) *Computing/ICT literacy* (Jumaeda, 2015; Masitoh, 2018). Dari kompetensi dasar tersebut, peserta didik dapat mengembangkan keterampilan dalam diri peserta didik yang disebut kualitas karakter yang dapat digunakan peserta didik untuk mengaplikasikan ilmunya di kehidupan sehari-hari (lihat ilustrasi pada Gambar 1).



Gambar 1 Keterampilan Abad ke-21

Keterampilan abad ke-21 berupaya mengedepankan peserta didik untuk berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah, berpikir kreatif dalam membentuk suatu gagasan atau ide, berkolaborasi dengan sesama, beradaptasi, inisiatif, menganalisis informasi, imajinatif, dan berkomunikasi (Akib & Muhsin, 2019; Almuharomah et al., 2019; Asri, 2018; Asrizal et al., 2018; Izzah et al., 2021; Patrick Griffin & Care, 2015; C. D. Putri et al., 2020; Robert B. Kozma & Martina Roth, 2012; Siswanto, 2018). Tuntutan ini dihadapkan pada peserta didik dengan tujuan generasi abad ke-21 mampu bersaing secara global dalam menghadapi dunia pekerjaan (Redhana, 2019). Pada abad ke-21 peran *scientific knowledge* merupakan hal terpenting di abad ini, dalam upaya menghadapi tuntuan keterampilan abad ke-21 pembelajaran sebaiknya menekankan pada konten pedagogi dan materi pelajaran (Subekti et al., 2017). Pembelajaran menggunakan pendekatan *science, technology, engineering, and mathematics* (STEM) merupakan salah satu pembelajaran yang disarankan dalam menjawab tantangan isu pembelajaran abad ke-21 (Basbooir & Suparbar, 2018; Yulia & Ramli, 2019). STEM adalah salah satu pendekatan pembelajaran yang memadukan beberapa disiplin ilmu yaitu sains, teknologi, teknik dan matematika (Basbooir & Suparbar, 2018; Nessa et al., 2017). Berikut ini disajikan gambar kerangka pengembangan STEM yang disusun oleh (Ardianto et al., 2019; Simarmata et al., 2020) pada Gambar 2.



Gambar 2 Kerangka STEM
(Ardianto et al., 2019; Simarmata et al., 2020)

Kerangka di atas menjelaskan bahwa, ada tiga komponen utama pada kerangka pengembangan STEM: sains, matematika, dan teknologi & teknik. Interaksi antara dua atau lebih disiplin ilmu adalah sebuah model pembelajaran yang direpresentasikan sebagai STE (*Science, Technology, & Engineering*), MTE (*Mathematisc, Technology, & Engineering*), SM (*Science, & Mathematics*), dan STEM (*Science, Technology, Engineering, & Mathematics*) (Ardianto et al., 2019).

Tujuan pembelajaran berbasis STEM juga berbanding lurus dengan keterampilan abad ke-21 yaitu untuk meningkatkan kemampuan ilmu pengetahuan dan inovasi masyarakat pada bidang teknologi (Mu'Minah & Aripin, 2019). Menurut penelitian (Mu'Minah & Aripin, 2019) disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis STEM merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21. Dimana untuk mewujudkan pendidikan STEM yang berkualitas harus mencakup: (a) ilmu pengetahuan dan matematika yang dikemas dari penggabungan teknologi dan teknik,; (b) memprioritaskan penelitian ilmiah dan design teknik, termasuk matematika dan instruksi sains,; (c) proses pembelajaran yang kolaboratif terhadap belajar, menghubungkan peserta didik dan guru dengan pembelajaran berbasis STEM,; (d) menyediakan sudut pandang global dan multi perspektif; (e) memberikan pembelajaran berbasis proyek, mengembangkan pengalaman belajar formal dan informal;, dan (f) menggabungkan teknologi dalam pembelajaran, untuk meningkatkan mutu pembelajaran (Utami et al, 2017).

Ilmu fisika merupakan cabang dari ilmu pengetahuan alam yang terdiri dari beberapa aspek yaitu aspek pengetahuan (produk), aspek berpikir, aspek sikap (kerja) dan metode penelitian ilmiah dalam upaya memberikan pemahaman tentang fenomena alam (Hikmah & Jauhariyah, 2021; Nadiya et al., 2016). Penguasaan konsep adalah dasar dalam pembelajaran fisika, dengan penguasaan konsep peserta didik mampu menjelaskan fenomena fisika dan mengaplikasikan ilmunya pada proses memecahkan masalah (Rivai & Yuliati, 2018). Dalam pembelajaran fisika, peserta didik dituntut untuk terlibat dalam kegiatan eksperimen eksperimental guna pengembangan proses berpikir, karena pada dasarnya dalam mempelajari ilmu fisika peserta didik tidak mempelajari produk jadi atau hasil akhir (Hikmah & Jauhariyah, 2021; Nadiya et al., 2016). Dari argumen tersebut, dapat diketahui bahwa pembelajaran menggunakan pendekatan STEM sangat cocok diterapkan dalam pembelajaran fisika. Pembelajaran berbasis STEM adalah pendekatan pembelajaran berbasis proyek dengan menggabungkan ilmu pengetahuan dan matematika yang dikemas dari penggabungan teknologi dan teknik. Dengan mengedepankan penelitian ilmiah dan desain teknik dapat mengembangkan proses berpikir peserta didik serta meningkatkan mutu pembelajaran fisika guna menjawab tantangan keterampilan abad ke-21. Tabel 1 menunjukkan hasil kajian tentang implementasi keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran Fisika berbasis STEM.

Tabel 1 Keterampilan Abad Ke-21 dalam pembelajaran fisika berbasis STEM

Keterampilan	**Implementasi dalam Pembelajaran Fisika berbasis STEM**
Critical thinking & doing	Memecahkan masalah, meneliti, menganalisis, mengelola proyek dengan pendekatan sains dan matematika dalam pembelajaran fisika.

Creativity	Mengembangkan gagasan baru dalam pemecahan masalah proyek pembelajaran fisika menggunakan pendekatan STEM.
Collaboration	Bekerjasama dalam kelompok.
Cross-cultural understanding	Menghargai perbedaan dan toleransi dalam dalam tim.
Communication	Mempresentasikan hasil proyek.
Computing/ICT literacy	Mengefektifkan penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam proses pembelajaran fisika.
Career & learning self-reliance	Menyelesaikan proyek dengan baik.

Berdasarkan literatur pada media publikasi ilmiah, banyak ditemukan penelitian yang menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis STEM pada pembelajaran fisika dengan berbagai topik materi. Berdasarkan data pada tanggal 25 Juli 2021 dari Google Cendekia dan Scopus terdapat 2950 dan 592 ulasan mengenai penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM (lihat ilustrasi pada Gambar 3).

(a) (b)

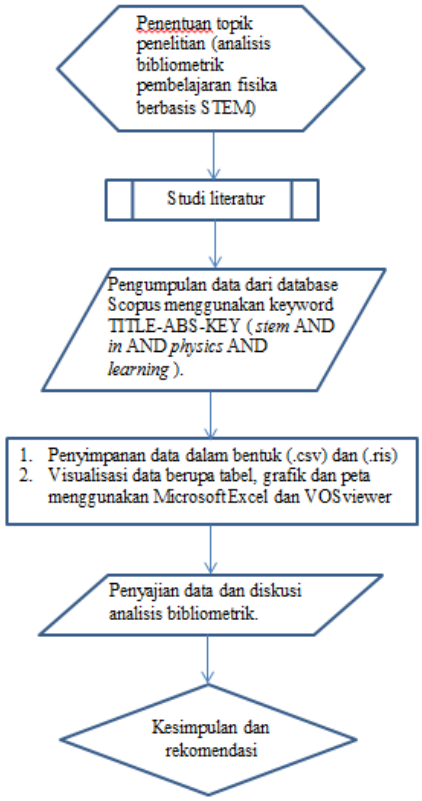
Gambar 3 Hasil Pencarian penelitian Pembelajaran Fisika Berbasis STEM di (a) Google Scholar (b) Scopus

Berdasarkan beberapa penelitian yang relevan, ditemukan pengembagan pembelajaran fisika berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik seperti yang dilakukan oleh (C. D. Putri et al., 2020; Septarini & Kholiq, 2021). Beberapa penelitian juga melakukan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika guna meningkatkan kreativitas peserta didik (Fikri et al., 2019; Mawarni & Sani, 2020), penguasaan konsep (Nisa et al., 2020; Rivai & Yuliati, 2018), kemampuan memecahkan masalah (Alfika et al., 2019; Idawati et al., 2019; Parno et al., 2021), keterampilan ilmiah (Jatmika et al., 2021; Wibowo, 2018), hasil belajar (Sudiatmika, 2020; Wijayanto et al., 2020). Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa pembelajaran fisika berbasis STEM terbukti memberikan pengaruh positif pada proses pembelajaran. Namun, dari sekian banyak penelitian belum ada penelitian analisis bibliometrik yang memetakan perkembangan implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM yang ditinjau dari: (a) bagaimana perkembangan publikasi implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM ditinjau dari jumlah, tipe dan bahasa dokumen publikasi;, (b) siapa Negara, institusi dan peneliti yang masuk dalam sepuluh besar publikasi implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM di dunia dan Negara Indonesia;, (c) media ilmiah dan subjek publikasi ilmiah;, (d) Visualisasi VOSviewer peta perkembangan publikasi,; (e) visualisasi

VOSviewer peta perkembangan publikasi berdasarkan pengarang. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis bibliometrik terhadap implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM yang bertujuan memberikan gambaran mengenai implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM dari seluruh dunia pada tahun 2011-2021 menggunakan visualisasi VOSviewer untuk mendeskripsikan peta persebaran dan data statistika.

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kepustakaan yang bertujuan untuk menganalisis implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM (*science, technology, engineering, and mathematics*) pada tahun 2011-2021 menggunakan metode bibliometrik dengan pendekatan kualitatif. Bibliometrik adalah analisis literatur dengan pendekatan statistika dan matematika (Desiriah & Setyarsih, 2021; Ningsari et al., 2021; Yanuarti & Suprapto, 2021). Pendekatan kualitatif dalam penelitian ini yaitu dengan mendeskripsikan data sekunder dari database Scopus pada tanggal 16 Juli 2021 dengan kategori *article title*, abstrak. Awalnya, penulis menemukan 592 dokumen dengan menggunakan kata kunci di *Search documents***:** TITLE-ABS-KEY (*stem* AND *in* AND *physics* AND *learning*). Lalu dilakukan pembatasan waktu terbit pada 2011-2021 dan ditemukan 541 dokumen dengan kata kunci TITLE-ABS-KEY (stem AND in AND physics AN D learning) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2013) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2012) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2011)). Berikut ini disajikan diagram alur penelitian blibliometrik (lihat ilustrasi pada Gambar 4).



Gambar 4 *Flowchart* Penelitian

Berdasarkan database Scopus yang diperoleh, disimpan dalam bentuk .csv dan ris untuk menganalisis lebih lanjut. Untuk memvisualisasikan data mentah menjadi tabel, grafik dan peta digunakan Microsoft Excel dan aplikasi VOSviewer (Desiriah & Setyarsih, 2021; Yanuarti & Suprapto, 2021). Pemetaan data digunakan untuk mengkaji literatur dengan pendekatan statistika. Data yang diperoleh dipetakan menjadi beberapa kategori yaitu: (a) perkembangan publikasi implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM ditinjau dari jumlah, tipe dan bahasa dokumen publikasi,; (b) Negara, institusi dan peneliti yang masuk dalam sepuluh besar publikasi implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM di

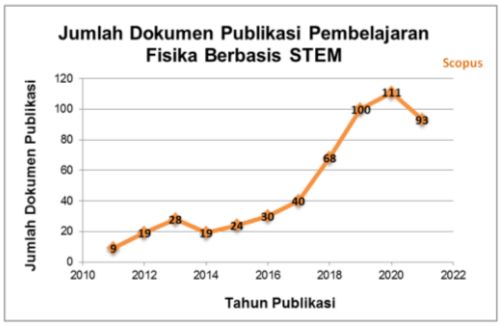
dunia dan Negara Indonesia,; (c) media ilmiah dan subjek publikasi ilmiah,; (d) Visualisasi VOSviewer peta perkembangan publikasi;, dan (e) Visualisasi VOSviewer peta perkembangan publikasi berdasarkan pengarang. Dalam menganalisis tren perkembangan publikasi internasional pembelajaran fisika berbasis STEM, tahapan penelitian bibliometrik ini sesuai diagram alur penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Publikasi, Tipe Dokumen dan Sumber Bahasa

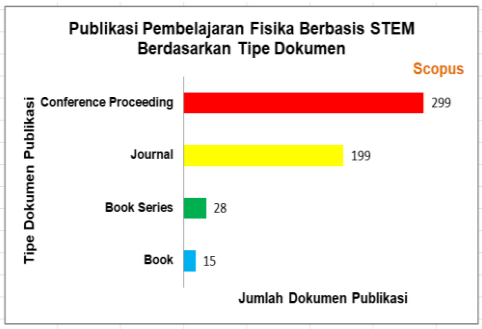
Berdasarkan database di Scopus dengan kata kunci "*STEM in physics learning*", terdapat 541 dokumen yang ditemukan terkait dengan penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM dalam kurun waktu 2011-2021. Grafik perkembangan publikasi penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM ditunjukkan pada Gambar 5.

Dari Gambar 5, diketahui bahwa penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM cenderung mengalami peningkatan. Diawali pada tahun 2011 terdapat 9 publikasi penelitian dan meningkat 2 kali lipat pada tahun 2012. Pada tahun 2014 grafik publikasi mengalami penurunan. Namun, pada tahun 2015 grafik kembali meningkat, hingga pada tahun 2020 penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM terdapat pada kedudukan tertinggi yaitu sebanyak 111 publikasi.



Gambar 5 Jumlah Dokumen Publikasi Pembelajaran Fisika Berbasis STEM pada Tahun 2011-2021 di Scopus

Jumlah publikasi berdasarkan tipe dokumen publikasi ditunjukkan pada Gambar 6. Tipe dokumen publikasi didominasi oleh *conference proceeding* sebanyak 299 dokumen. Dilanjutkan dengan jurnal, buku series dan buku merupakan dokumen publikasi yang paling sedikit.



Gambar 6 Publikasi Pembelajaran Fisika Berbasis STEM pada Tahun 2011-2021 Berdasarkan Tipe Dokumen Publikasi di Scopus

Menurut database Scopus, dari total 541 dokumen publikasi pembelajaran fisika berbasis STEM, sebagian besar publikasi menggunakan bahasa Inggris dengan total publikasi sebanyak 533 dokumen. Dokumen lainnya ditulis dalam bahasa *portuguese, spainsh, tukish, korean, russian dan slovak*. Publikasi implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM berdasarkan bahasa ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Publikasi Implementasi Pembelajaran Fisika berbasis STEM Berdasarkan Bahasa pada Tahun 2011-2021 di Scopus

Bahasa	Jumlah Dokumen
English	533
Portuguese	3
Spanish	2
Turkish	1

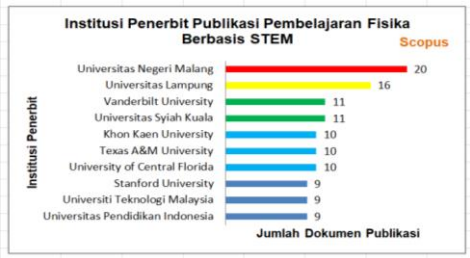
Korean	1
Russian	1
Slovak	1

Negara penerbit, Institusi & Peneliti di Dunia dan Negara Indonesia

Gambar 7 Negara Penerbit Publikasi Pembelajaran Fisika Berbasis STEM Tahun 2011-2021 Terindeks Scopus

Berdasarkan database Scopus, kontributor publikasi penelitian dalam pembelajaran fisika berbasis STEM didominasi oleh United States dengan jumlah dokumen publikasi sebanyak 235 selama kurun waktu 2011-2021. Disusul oleh Negara Indonesia dengan publikasi 94 dokumen. Kontribusi sepuluh Negara terbanyak yang menerbitkan publikasi pembelajaran fisika berbasis STEM ditunjukkan pada Gambar 7.

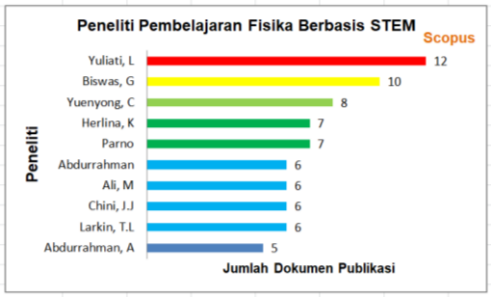
Namun meskipun Negara Indonesia menepati posisi kedua secara global, dua institusi di Indonesia berada di peringkat pertama dan kedua dalam kategori sepuluh besar institusi penerbit penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM. Jumlah dokumen publikasi sepuluh institusi teratas yang melakukan penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM dalam kurun waktu 2011-2021 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Institusi Penerbit Publikasi Pembelajaran Fisika Berbasis STEM Tahun 2011-2021 Terindeks Scopus

Universitas Negeri Malang menduduki posisi pertama dengan 20 publikasi dan Universitas Lampung 16 publikasi. Sedangkan dokumen publikasi dari United States yang berjumlah 235 tersebar di berbagai institusi dengan jumlah masing-masing kurang dari 16 dokumen publikasi. Misalnya Vanderbily University, University of Central Florida dan Stanford University.

Produktivitas sepuluh besar peneliti dalam pembelajaran fisika berbasis STEM dalam kurun waktu 2011-2021 yang terindeks Scopus ditunjukkan pada Gambar 9, peneliti dari Indonesia yang bernama Yulianti berhasil mempublikasikan 12 dokumen penelitian dan menduduki peringkat pertama dalam produktivitas peneliti. Disusul oleh penulis Biswas, Yuenyong, Herlina, Parno, Abdurrahman, Ali, Chini, Larkin dan Abdurrahman.



Gambar 9 Produktivitas Peneliti Pembelajaran Fisika Berbasis STEM Tahun 2011-2021 Terindeks Scopus

Media Ilmiah dan Subjek Penelitian

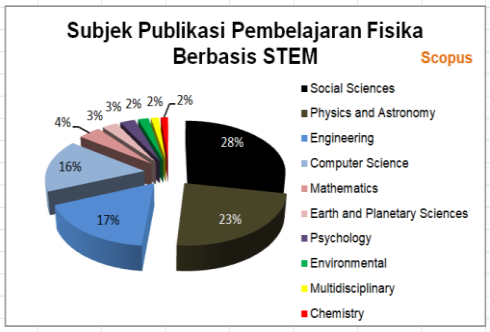
Berdasarkan database Scopus diketahui dari 541 publikasi penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM, *Journal of Physics Conference Series* adalah media ilmiah yang banyak mengulas tentang penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM dengan jumlah publikasi mencapai 89

dokumen publikasi. Tabel 3 adalah sepuluh besar media ilmiah yang telah meneliti pembelajaran fisika berbasis STEM dalam kurun waktu 2011-2021 di Scopus.

Tabel 3 Media ilmiah Implementasi Pembelajaran Fisika berbasis STEM pada Tahun 2011-2021 di Scopus

Media ilmiah	Jumlah Dokumen
Journal Of Physics Conference Series	89
ASEE Annual Conference and Exposition Conference Proceedings	58
Aip Conference Proceedings	26
Physical Review Physics Education Research	12
Proceedings Frontiers In Education Conference Fie	12
Iop Conference Series Earth And Environmental Science	10
ACM *International Conference Proceeding Series*	8

Berdasarkan hasil penelusuran di Scopus, diketahui pada Gambar 10 subjek *social sciences* merupakan subjek tertinggi dengan presentase 28% disusul oleh *physics and astronomy* dengan jumlah publikasi sebanyak 186 dengan presentase 23%.



Gambar 10 Subjek Publikasi Pembelajaran Fisika Berbasis STEM pada Tahun 2011-2021 di Scopus

Gambar 10 dan Tabel 4 menunjukkan sepuluh besar subjek publikasi penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM pada tahun 2011-2021 di Scopus. Tabel 4 menunjukkan jumlah dokumen publikasi berdasarkan subjek publikasi dan Gambar 10 menunjukkan presentase dari setiap subjek publikasi.

Tabel 4 Subjek Publikasi Implementasi Pembelajaran Fisika berbasis STEM pada Tahun 2011-2021 di Scopus

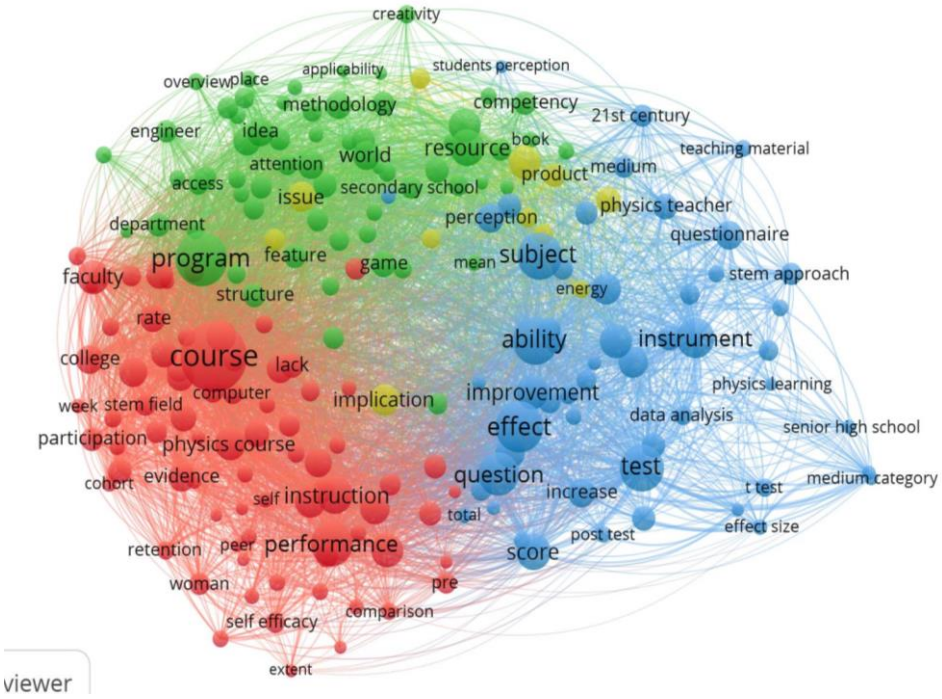
Keterampilan	Jumlah Dokumen
Social Sciences	223
Physics and Astronomy	186
Engineering	138
Computer Science	130
Mathematics	34
Earth and Planetary Sciences	23
Psychology	23
Environmental	16
Multidisciplinary	12
Chemistry	11

Visualisasi Tren Penelitian Pembelajaran Fisika Berbasis STEM Berbantuan VOSviewer Software

Gambar 11 menvisualisasikan tren riset pembelajaran fisika berbasis STEM berbantuan *software* VOSviewer dengan menggunakan database Scopus dari 541 dokumen yang terkait penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM pada tahun 2011-2021.

Berdasarkan visualisasi ditemukan beberapa parameter atau keterkaitan antara subjek pada variabel pembelajaran fisika berbasis STEM, seperti hubungan antara keterampilan abad ke-21 dengan pembelajaran berbasis STEM. Gambar 11 menunjukkan gambaran keseluruhan atau peta perkembangan penelitian tentang pembelajaran fisika berbasis STEM pada tahun 2011-2021. Dalam gambar tersebut diketahui bahwa pembelajaran fisika berbasis STEM di dunia yang terindeks Scopus telah menghasilkan empat kluster warna yaitu

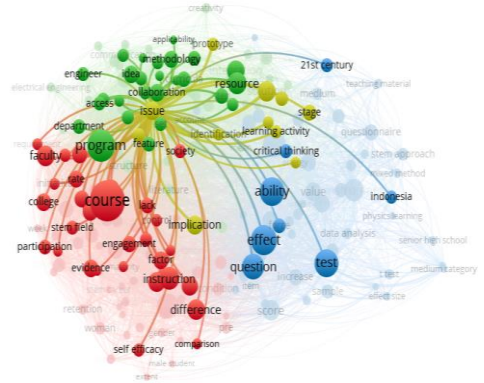
klaster pertama warna merah, kedua hijau, ketiga biru dan keempat kuning, dengan kluster warna yang dominan yakni warna merah, hijau, dan biru.



Gambar 11 Visualisasi VOSviewer Peta perkembangan Publikasi Pembelajaran Fisika Berbasis STEM pada Tahun 2011-2021 di Scopus

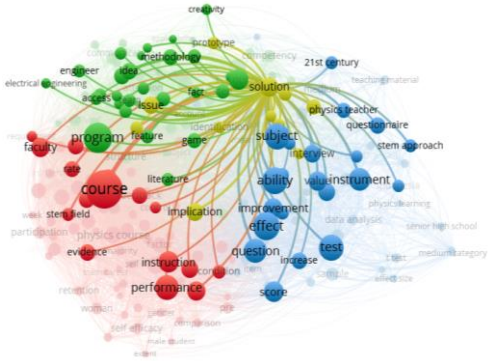
Berdasarkan Gambar 11, diketahui bahwa klaster warna kuning merupakan penggolongan subjek yang didasarkan pada masalah yang terjadi mengenai pembelajaran fisika berbasis STEM, hal ini diperkuat dengan adanya subjek *prototype,* STEM *educational learning activity, social issue, lesson plan, identification* dan lain sebagainya. Sedangkan pada klaster warna biru adalah penggolongan subjek pengembangan pembelajaran fisika berbasis STEM di lingkungan sekolah. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya subjek *senior high school, high school student, 21st century, physics learning, medium, ability* dan lain sebagainya. Pada klaster warna merah diketahui bahwa penggolongan klaster didasarkan pada pengembangan pembelajaran fisika berbasis STEM di perguruan tinggi. Argumen ini diperkuat dengan ditemukannya subjek *physics course, institution, faculty, college, course,* STEM *course,* STEM *career*. Pada penggolongan klaster warna hijau didasarkan pada pengembangan pembelajaran fisika berbasis STEM pada masyarakat, pendapat ini dapat diperkuat dengan ditemukannya kata *word* dan *country* pada analisis VosViewer. Selain itu ditemukan subject *robotic, program, society, game and society* yang dapat disimpulkan implementasikan STEM untuk melatih kemampuan sains, teknologi, teknik dan matematika untuk mengenalkan kepada peserta didik mengenai teknologi yang dapat berkembang kemudian dikembangkan dalam lingkungan masyarakat.

Berawal dari isu (lihat Gambar 12) yang berkembang di abad ke-21 tentang tuntutan pembelajaran abad ke-21 baik dalam pembelajaran fisika di tingkat sekolah maupun perguruan tinggi.



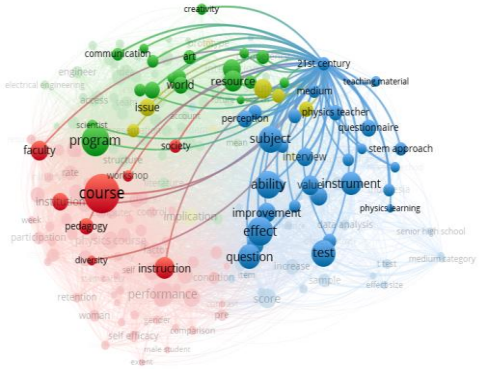
Gambar 12 Visualisasi VosViewer Perkembangan Isu Abad ke-21

Berdasarkan isu tersebut muncullah sebuah solusi yang diketahui pada Gambar 13, solusi ini dikembangkan untuk menjawab tantangan pembelajaran abad ke-21 yaitu dengan menerapkan pembelajaran fisika berbasis STEM baik di tingkat sekolah maupun di perguruan tinggi.



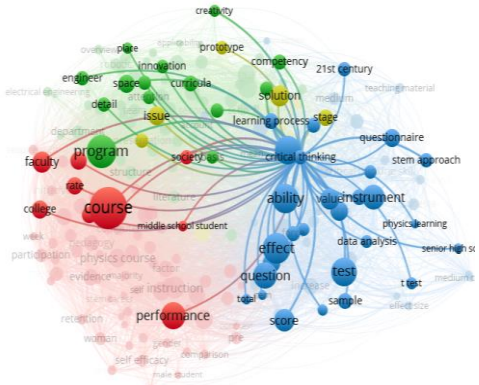
Gambar 13 Visualisasi VosViewer Penemuan Solusi dari Isu Pembelajaran Abad ke-21

Berdasarkan visualisasi tren pembelajaran fisika berbasis STEM, penulis menemukan bahwa pembelajaran fisika dengan menggunakan pendekatan STEM berkaitan erat dengan keterampilan abad ke-21. Gambar 14 menunjukkan bahwa pembelajaran fisika berbasis STEM dapat mewujudkan tuntutan pembelajaran di abad ke-21.

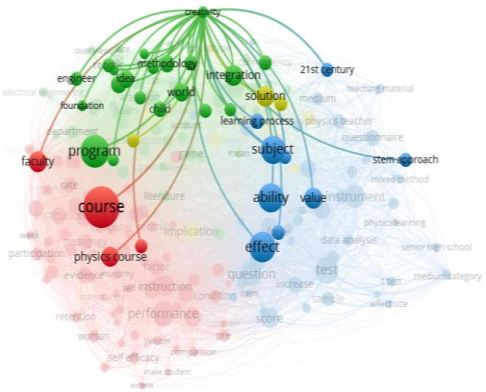


Gambar 14 Visualisasi VosViewer Topik Keterampilan Abad ke-21 dalam Penelitian Pembelajaran Fisika Berbasis STEM

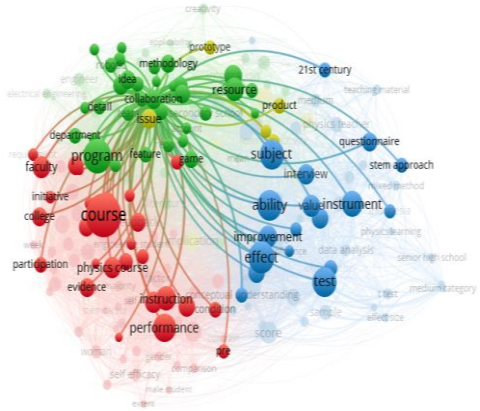
Kemudian, pada Gambar 15-21 diketahui bahwa seluruh tuntutan pembelajaran abad ke-21 dari keterampilan *Critical thinking & doing*, *Creativity*, *Collaboration*, *Cross-cultural understanding*, *Communication*, *Computing/ICT literacy* dan *Career & learning self-reliance* masuk dalam *keyword* penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM di Scopus pada tahun 2011-2021. Namun pada visualisasi ini, keterampilan *Cross-cultural understanding* tidak ada dalam *keyword*, digantikan oleh society.



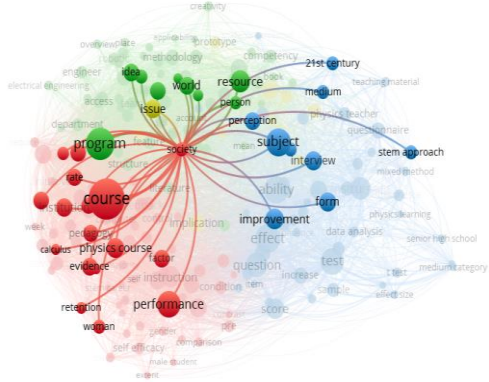
Gambar 15 Visualisasi VOSviewer Keterampilan Abad ke-21 *Critical thinking & doing*



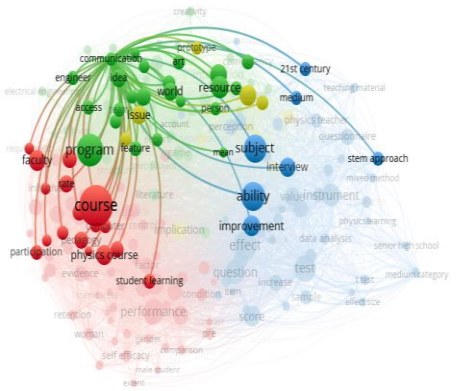
Gambar 16 Visualisasi VOSviewer Keterampilan Abad ke-21 *Creativity*



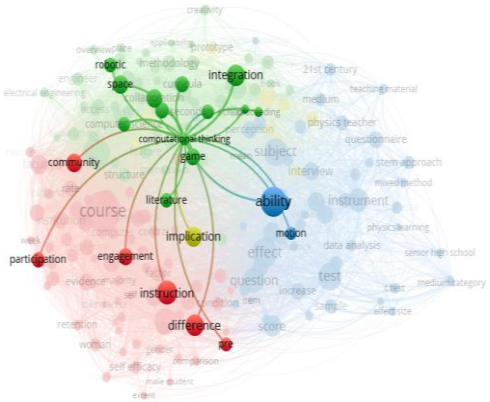
Gambar 17 Visualisasi VOSviewer Keterampilan Abad ke-21 *Collaboration*



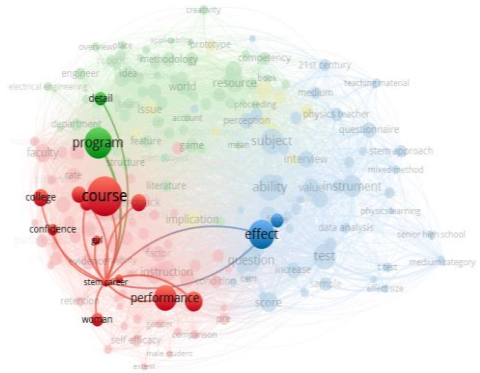
Gambar 18 Visualisasi VOSviewer Keterampilan Abad ke-*Cross-cultural understanding*



Gambar 19 Visualisasi VOSviewer Keterampilan Abad ke-21 *Communication*



Gambar 20 Visualisasi VOSviewer Keterampilan Abad ke-21 *Computing/ICT literacy*



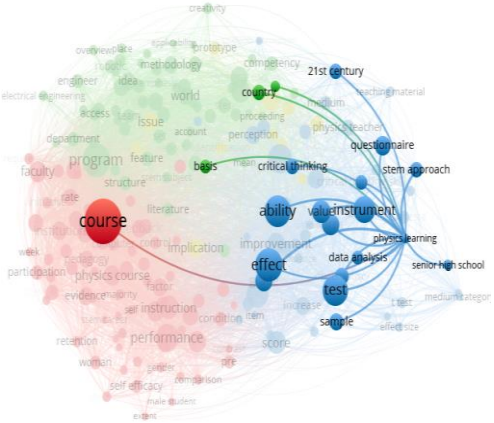
Gambar 21 Visualisasi VOSviewer Keterampilan Abad ke-21 *Career & learning self-reliance*

Tidak hanya dalam visualisasi VOSviewer, penulis juga menemukan artikel di Scopus yang mengulas pengembangan pembelajaran fisika dengan upaya melatih keterampilan pembelajaran abad ke-21 pada Tabel 5.

Tabel 5 Penelitian Keterampilan Pembelajaran Abad Ke-21 di Scopus

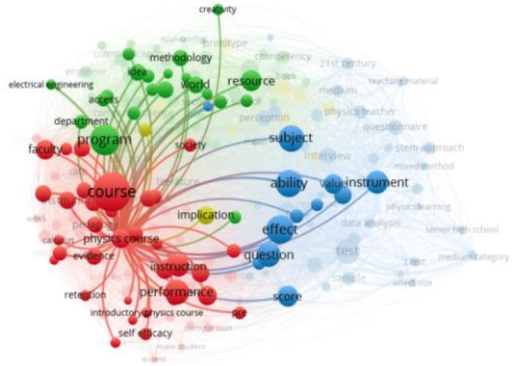
Keterampilan Ke-Abad 21	**Peneliti di Scopus**
Critical thinking & doing	(Faridi et al., 2021; Handayani et al., 2021; Kurniati et al., 2021; Utami et al., 2021), dsb
Creativity	(Purwaningsing et al., 2020; N. Putri et al., 2020; Sarnita et al., 2021; Susilowati et al., 2020)
Collaboration	(Vallejo-Jiménez et al., 2018)
Cross-cultural understanding	-
Communication	-
Computing/ICT literacy	(Laila & Asrizal, 2021; Neves, 2020)
Career & learning self-reliance	-

Berdasarkan data pada table 5, dapat diketahui bahwa hingga saat ini belum ditemukan penelitian yang mengkaji keterampilan *cross-cultural understanding, comunication* dan *career & learning self-reliance* dalam pembelajaran fisika berbasis STEM di Scopus. Padahal, setiap tuntutan keterampilan abad ke-21 adalah upaya mempersiapkan sumber daya manusia yang berkualitas di bidang teknologi informasi dan aspek kemanusiaan (Mardhiyah, R. et al., 2021). (1) *Cross-cultural understanding*, yaitu proses mencari wawasan budaya dan bahasa (Kusumadewi & Ulhusna, 2019). Pentingnya *Cross-cultural understanding* antara lain untuk memahami perbedaan budaya dari berbagai Negara untuk menghindari kesalahpahaman. (2) *Communication*, merupakan keterampilan untuk menyampaikan gagasan, ide dan pemikiran yang dimiliki kepada orang lain melalui tulisan, lisan, simbol, gambar, grafis, atau angka yang bertujuan untuk mencapai musyawarah atau keputusan bersama mengenai suatu masalah (Arnyana, 2019). (3) *Career & Learning Self-reliance* berguna untuk bekal peserta didik dalam melatih adaptasi perubahan, pelajaran hidup dan redefinisi Karir dalam kehidupan sehari-hari. Dari pentingnya ketiga keterampilan tersebut, disarankan kepada peneliti yang akan datang untuk mengkaji pembelajaran fisika berbasis STEM dalam upaya meningkatkan keterampilan *cross-cultural understanding, comunication* dan *career & learning DI-reliace.*



Gambar 22 Visualisasi subjek *Physics Learning* pada VOSviewer

Berdasarkan Gambar 22, pembelajaran fisika berbasis STEM di tingkat sekolah (*physics learning*) juga digunakan sebagai bekal peserta didik menuju perguruan tinggi, dimana hubungan setiap subjek penelitian pembelajaran tidak sebanyak pembelajaran fisika berbasis STEM di perguruan tinggi dan pendekatan STEM pada *physics learning* lebih banyak diaplikasikan untuk melatih kemampuan peserta didik berpikir kritis. Selain itu, penggunaan pendekatan STEM di sekolah masih dalam kategori basis atau dasar.

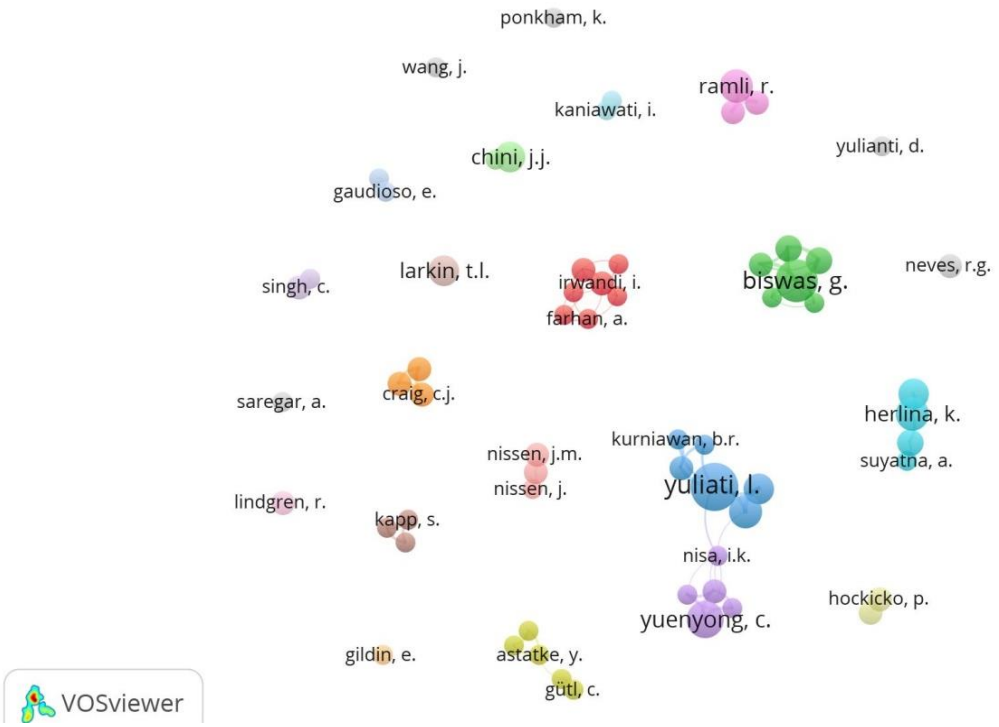


Gambar 23. Visualisasi subjek *Physics Course*

Berdasarkan visualisasi VOSviewer subjek *physics course*, pendekatan STEM yang digunakan sudah dalam kategori kompleks, hal ini dibuktikan dengan banyaknya keterkaitan setiap subjek. *Physics course* berbasis STEM digunakan untuk bekal implementasi dari ilmu tersebut seperti pada gambar diketahui bahwa *physics course* memiliki hubungan dengan *implication* atau dalam beberapa sumber implementasi STEM digunakan untuk melatih setiap peserta didik atau mahasiswa dalam mengaplikasikan ilmunya di kehidupan sehari-hari atau dunia kerja. Visualisasi subjek *Physics Course* ditunjukkan oleh Gambar 23.

Visualisasi Tren Penelitian Pembelajaran Fisika Berbasis STEM Berbantuan VOSviewer Software Berdasarkan Pengarang

Gambar 24 menunjukkan visualisasi peta perkembangan publikasi penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM berdasarkan peneliti, dalam gambar tersebut disajikan top penelitian dan klasternya dengan syarat peneliti telah berhasil mempublikasikan 3 dokumen penelitian. Berdasarkan data VOSviewer penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM di Scopus pada tahun 2011-2021.



Gambar 24 Visualisasi VOSviewer Peta Perkembangan Publikasi Pembelajaran Fisika Berbasis STEM pada Tahun 2011-2021 di Scopus

Pada gambar diketahui bahwa Yulianti dan Biswas telah menjadi pemimpin di setiap klaster. Yulianti berhasil mempublikasikan dua belas dokumen dengan *link strength* 19 dan Biswas sepuluh dokumen penelitian dengan *link strength* 20. Artinya penelitian yang dilakukan Yulianti dan Biswas memiliki keterkaitan yang kuat dalam setiap klaster. Berdasarkan data di *software* VOSviewer, diketahui terdapat 23 klaster dalam visualisasi peta perkembangan publikasi pembelajaran fisika berbasis STEM, berikut ini disajikan tabel klaster perkembangan publikasi pembelajaran fisika berbasis STEM pada tahun 2011-2021 di Scopus berdasarkan peneliti.

Tabel 6 Klaster Penelitian Pembelajaran Fisika Berbasis STEM di Scopus pada Tahun 2011-2021

Klaster	Nama-nama Peneliti
1	Farhan, Halim, Herliana, Irwandi, Oktavia, Soewarno, Syukri
2	Basu, Biswas, Grover, Hutchins. N, Hutchins, N.M, snyder
3	Ali, Kurniawan, Parno, Purwaningsih, Yulianti. L, Zahiri
4	Astatke, Chouikha, Connor, Gutl, Pirker
5	Koes-h, Nisa, Sutaphan, Yuenyong.C, Yoenyong.J
6	Abdurrahman, Abdurrahman.A, Herlina, Suyatna
7	Craig, Evans, Stekes
8	Kapp, Kuhn, Thees
9	Pratiwi, Ramli, Yulia
10	Nissen.J, Nissen.J.M, Van Dusen
11	Chini, Scanlon
12	Gaudioso, Orlando
13	Hockicko, Tarjanyiova
14	Kalender, Singh
15	Kaniawati, Suwarma
16	Gildin
17	Larkin
18	Lindgren
19	Neves
20	Ponkham
21	Saregar
22	Wang
23	Yulianti.D

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan perkembangan publikasi implementasi pembelajaran fisika berbasis STEM (*science, technology, engineering, and mathematic*) pada tahun 2011-2021 yang terindeks Scopus tertinggi pada tahun 2020. Tipe dokumen publikasi berupa *conference proceeding*, jurnal, buku dan buku seri dengan bahasa yang dominan digunakan adalah bahasa inggris. United States berhasil mendominasi sebagai konstributor penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM, dan Negara Indonesia telah berhasil mengirimkan institusi (Universitas Negeri Malang) dan pengarang (Yulianti) sebagai top kontributor penelitian. *Social sciences* merupakan subjek yang kerap diulas dalam penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM dan *Journal of Physics Conference Series* adalah media ilmiah yang aktif mempublikasikan penelitian pembelajaran fisika berbasis STEM. Dalam visualisasi peta perkembangan, STEM terbukti dapat mengembangkan keterampilan abad ke-21. Namun dari tahun 2011-2021, belum ada penelitian yang mengembangkan keterampilan *cross-cultural understanding*, *comunication* dan *career & learning self-reliance*. Sehingga disarankan kepada peneliti pembelajaran fisika berbasis STEM yang akan datang, untuk melakukan penelitian berkaitan dengan keterampilan tersebut. Selain itu, berdasarkan visualisasi peta perkembangan berdasarkan pengarang Yulianti dan Biswas memiliki keterkaitan yang kuat dari 23 klaster. Penemuan ini memberikan implikasi kepada peneliti selanjutnya agar terus mengembangkan pembelajaran fisika berbasis STEM dengan memperhatikan keterkaitannya dengan keterampilan abad ke-21. Terutama pengembangan pembelajaran fisika berbasis STEM yang memperhatikan kaitannya dengan *cross-cultural understanding*,

comunication dan *career & learning self-reliance*.

DAFTAR PUSTAKA

Akib, E., & Muhsin, M. A. (2019). Assessment of teaching in 21st century. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1179, Issue 1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1179/1/012065

Alfika, Z. A., Mayasari, T., & Kurniadi, E. (2019). Modul STEM berbasis pemecahan masalah dengan tema rumah dome. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *7*(1), 93–105. https://doi.org/10.24127/jpf.v7i1.1566

Almuharomah, F. A., Mayasari, T., & Kurniadi, E. (2019). Pengembangan modul fisika STEM terintegrasi kearifan lokal "beduk" untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa smp. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, *7*(1).

Ardianto, D., Firman, H., Permanasari, A., & Ramalis, T. R. (2019). What is science, technology, engineering, mathematics (STEM) literacy? *Dvances in Social Science, Education and Humanities Research*, *253*, 381–382. https://doi.org/10.2991/aes-18.2019.86

Arnyana, I. B. P. (2019). Pembelajaran untuk meningkatkan kompetensi 4C (communication, collaboration, critical thinking dan creative thinking) untuk menyongsong era abda 21. *Prosiding : Konferensi Nasional Matematika Dan IPA Universitas PGRI Banyuwangi*, *1*(1), 37–39.

Asri, Y. N. (2018). Pembelajaran berbasis stem melalui pelatihan robotika. *WaPFi (Wahana Pendidikan Fisika)*, *3*(2), 74–78. https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i2.13735

Asrizal, Amran, A., Ananda, A., Festiyed, F., & Sumarmin, R. (2018). The development of integrated science instructional materials to improve students' digital literacy in scientific approach. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *7*(4), 442–450. https://doi.org/10.15294/jpii.v7i4.13613

Basbooir, K., & Suparbar. (2018). Validitas dan reliabilitas instrumen asesmen kinerja literasi sains pelajaran Fisika berbasis STEM. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, *22*(2), 168–181. https://doi.org/10.21831/pep.v22i2.20270

Desiriah, E., & Setyarsih, W. (2021). Tinjauan literatur pengembangan instrumen penilaian kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) fisika di sma. *Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, *7*, 79–89.

Faridi, H., Tuli, N., Mantri, A., Singh, G., & Gargrish, S. (2021). A framework utilizing augmented reality to improve critical thinking ability and learning gain of the students in Physics. *Computer Applications in Engineering Education*, *29*, 258–273.

Fikri, M. R., Purwana, U., & William, M. (2019). *Upaya meningkatkan kreativitas siswa dalam membuat karya fisika melalui model pembelajaran berbasis STEM (science, technology, engineering and mathematics) pada materi fluida statis*. *WaPFi (Wahana Pendidikan Fisika)*, *4*(1), 73–76.

Handayani, E. S., Yuberti, Saregar, A., & Wildaniati, Y. (2021). Development of STEM-integrated physics e-module to train critical thinking skills: The perspective of preservice teachers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1796*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012100

Hikmah, N., & Jauhariyah, M. N. R. (2021). Meta- analysis of students ' critical thinking skills improvement on physics learning. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, *9*(2), 155–173. https://doi.org/10.20527/bipf.v9i2.10585

Idawati, Muharddjito, & Yuliati, L. (2019). *Authentic learning berbasis inquiry dalam program STEM*. *4*(8), 1024–1029.

Izzah, N., Asrizal, A., & Festiyed, F. (2021). Meta analisis effect size pengaruh bahan ajar IPA dan fisika berbasis STEM terhadap hasil belajar siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *9*(1), 114–130. https://doi.org/10.24127/jpf.v9i1.3495

Jatmika, S., Lestari, S., Rahmatullah, R., Pujianto, P., & Dwandaru, W. S. B. (2021). Integrasi project based learning dalam science technology engineering and mathematics untuk meningkatkan keterampilan proses sains dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, *6*(2), 107–119. https://doi.org/10.25273/jpfk.v6i2.8688

Jumaeda, S. (2015). Kreativitas dalam Pedagogik: Thinking and Creativity of Teacher. *Jurnal Harian Pendidikan*, *10*(2), 163–174.

Kristiani, K. D., Mayasari, T., & Kurniadi, E. (2017). Pengaruh pembelajaran STEM-PjBL terhadap keterampilan berpikir kreatif. *Prosiding SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*, *21*, 266–274.

Kurniati, R. D., Andra, D., & Wayan Distrik, I. (2021). E-module development based on PBL integrated STEM assisted by social media to improve critical thinking skill: A preliminary study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1796*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012077

Kusumadewi, N., & Ulhusna, D. (2019). ISMIK (ISTIMA‟ ASIK) media pembelajaran berbasis cross cultural understanding terhadap ketrampilan menyimak bahasa arab siswa mts kelas vii. *Prosiding*, 154–163.

Laila, R., & Asrizal. (2021). Analysis of need for development of physics teaching materials assisted by a learning house portal integrating STEM and contextual models to improve student digital literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, *1876*(1), 1–6. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1876/1/012043

Maliki, A. (2021). *Optimalisasi pendekatan STEM dalam pembelajaran abad 21*. Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan Guru Berbagi.

Mardhiyah, R., F., Aldriani, Sekar N., F., Chitta, F., Zulfikar, & Rizal, M. (2021). Pentingnya keterampilan belajar di abad 21 sebagai tuntutan dalam pengembangan sumber daya manusia. *Lectura: Jurnal Pendidikan*, *12*(1), 187–193.

Masitoh, S. (2018). Blended Learning berwawasan literasi digital suatu upaya meningkatkan kualitas pembelajaran dan membangun generasi emas 2045. *Proceedings of the ICECRS*, *1*(3), 13–34. https://doi.org/10.21070/picecrs.v1i3.1377

Mawarni, R., & Sani, R. A. (2020). Pengaruh model problem based learning terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa pada materi pokok fluida statis di kelas xi sma negeri tebing tinggi t.p 2019/2020. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika (INPAFI)*, *8*(2), 8–15.

Mu'Minah, I. H., & Aripin, I. (2019). Implementasi STEM dalam pembelajaran abad 21. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 1, 1495–1503.

Nadiya, N., Rosdianto, H., & Murdani,

E. (2016). Penerapan model pembelajaran group investigation (GI) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi gerak lurus kelas x. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, *1*(2), 49. https://doi.org/10.26737/jipf.v1i2.63

Nessa, W., Hartono, Y., & Hiltrimartin, C. (2017). Pengembangan Buku siswa materi jarak pada ruang dimensi tiga berbasis science, technology, engineering, and mathematics (STEM) problem-based learning di kelas x. *Jurnal Elemen*, *3*(1), 1–14. https://doi.org/10.29408/jel.v3i1.273

Neves, R. G. (2020). Physics education with interactive computational modelling. *AIP Conference Proceedings*, *2293*(400002), 1–4. https://doi.org/10.1063/5.0026566

Ningsari, I. S., Zainuddin, A., & Setyarsih, W. (2021). Kajian literatur instrumen isomorfik sebagai asesmen pembelajaran fisika. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, *7*(1), 54–64. https://doi.org/10.31764/orbita.v7i1.4407

Nisa, I. K., Yuliati, L., & Hidayat, A. (2020). Analisis Penguasaan konsep melalui pembelajaran guided inquiry berbantuan modul terintegrasi STEM pada materi fluida dinamis. *Jurnal Pendidikan*, *5*(6), 809–816.

Nugraha, D., & Octavianah, D. (2020). Diskursus literasi abad 21 di indonesia. *Jurnal Pendidikan Edutama*, *7*(1), 107–126. https://doi.org/10.30734/jpe.v7i1.789

Parno, Anggraini, R. T., Hidayat, A., Fauziyah, S., Pramono, N. A., Supriana, E., & Ali, M. (2021). The building of students' problem solving skills through STEM aproach with virtual simulation media. *Journal of Physics: Conference Series*, *1842*(1), 1–11. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1842/1/012073

Patrick Griffin, & Care, E. (2015). Educational assessment in an information age. In M. Wilson (Ed.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Springer International.

Purwaningsing, E., Usdiana, E. N., Yulianti, L., Kurniawan, B. R., & Zahiri, M. A. (2020). Improvement of students' creative skills in optical subject with STEM worksheets. *The 4th International Conference on Mathematics and Science Education (ICoMSE)*, *2330*(050008), 1–7.

Putri, C. D., Pursitasari, I. D., & Rubini, B. (2020). Problem based learning terintegrasi STEM di era pandemi covid-19 untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, *4*(2), 193–204. https://doi.org/10.24815/jipi.v4i2.17859

Putri, N., Rusdiana, D., & Suwarma, I. R. (2020). Enhanching physics students' creative thinking skills using CBL model implemented in STEM in vocational school. *Journal of Physics: Conference Series*, *1521*(4), 1–6. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042045

Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, *13*(1).

Rivai, H. P., & Yuliati, L. (2018). Penguasaan konsep dengan pembelajaran STEM berbasis masalah materi fluida dinamis pada siswa sma. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, *3*(8), 1080–1088.

Robert B. Kozma, & Martina Roth. (2012). *Assessment and teaching of 21st century skills* (P. Griffin, E. Care, & and B. McGaw (eds.)). Springer Dordrecht Heidelberg London New York.

Sabri, I. (2019). Peran pendidikan seni

di era society 5 . 0 untuk revolusi industri 4.0. *Seminar Nasional Pascasarjana 2019*, *2*(1), 342–347.

Sarnita, F., Fitriani, A., Anhar, Utama, J. A., Suwarma, I. R., & Widia. (2021). Application of STEM-based online learning to train creative skills of students in covid-19 pandemic periods. *Journal of Physics: Conference Series*, *1806*(1), 1–5. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012039

Septarini, R. A., & Kholiq, A. (2021). Pengembangan media prest untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik sma pada materi momentum dan impuls. *IPF : Inovasi Pendidikan Fisika*, *10*(1), 32–38.

Simarmata, J., Simanihuruk, L., Ramadhani, R., Safitri, M., Wahyuni, D., & Iskandar, A. (2020). *Pembelajaran STEM Berbasis HOTS dan Penerapannya* (1st ed.). Yayasn Kita Menulis.

Siswanto, J. (2018). Keefektifan pembelajaran fisika dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, *9*(2), 133–137. https://doi.org/10.26877/jp2f.v9i2.3183

Siswanto, J. (2019). Mempersiapkan society 5 . 0 melalui pembelajaran fisika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika V*, 1–6.

Subekti, H., Taufiq, M., Susilo, H., Ibrohim, I., & Suwono, H. (2017). Mengembangkan literasi informasi melalui belajar berbasis kehidupan terintegrasi STEM untuk menyiapkan calon guru sains dalam menghadapi era revolusi industri 4.0: revieu literatur. *Education and Human Development Journal*, *3*(1), 81–90. https://doi.org/10.33086/ehdj.v3i1.90

Sudiatmika, I. K. (2020). Penerapan model pembelajaran project based learningdengan pendekatan stem dalam upaya meningkatkan Hasil belajar fisika peserta didik kelas x rpl 1 smk n 1 negaratahun pelajaran 20192020. *Widyadari Jurnal Pendidikan*, *21*(1), 34–44. https://doi.org/10.5281/zenodo.3742505

Susilowati, E., Miriam, S., Suyidno, S., Sholahuddin, A., & Winarno, N. (2020). Integration of learning science, technology, engineering, and mathematics (STEM) in the wetland environment area to increase students' creativity. *Journal of Physics: Conference Series*, *1491*(1), 1–7. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1491/1/012047

Thahir, A., Anwar, C., Saregar, A., Choiriah, L., Susanti, F., & Pricilia, A. (2020). The Effectiveness of STEM learning: scientific attitudes and students' conceptual understanding. *Journal of Physics: Conference Series*, *1467*(1–9). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012008

Utami, I. S., Septiyanto, R. F., Wibowo, F. C., & Suryana, A. (2017). Pengembangan STEM-A (science, technology, engineering, mathematic and animation) berbasis kearifan lokal dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, *6*(1), 67–73. https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v6i1.1581

Utami, I. S., Vitasari, M., Langitasari, I., & Muliyati, D. (2021). The implementation of STEM learning on creative-critical thinking styles (study on pre-service physics teacher). *AIP Conference Proceedings*, *2331*(030029), 1–6. https://doi.org/10.1063/5.0041991

Vallejo-Jiménez, M. M., Martínez-Puerta, J. J., Agudelo, S. B., & Salgado, N. D. (2018). SENA tecnoacademia risaralda and caldas as a collaborative learning scenario in robotics. *CEUR Workshop Proceedings*, *2312*.

https://doi.org/10.21428/3b133f71

Wibowo, I. G. A. W. (2018). Peningkatan keterampilan ilmiah peserta didik dalam pembelajaran fisika melalui penerapan pendekatan STEM dan e-learning. *Journal of Education Action Research*, *2*(4), 315–321. https://doi.org/10.23887/jear.v2i4.16321

Wijayanto, T., Supriadi, B., & Nuraini, L. (2020). Pengaruh model pembelajaran project based learning dengan pendekatan STEM terhadap hasil belajar siswa sma. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, *9*(3), 113–120. https://doi.org/10.19184/jpf.v9i3.18561

Yanuarti, E. A., & Suprapto, N. (2021). Ten years of research on history of science (physics): A bibliometric analysis. *Studies in Philosophy of Science and Education*, *2*(1), 7–16. https://doi.org/10.46627/sipose.v2i1.66

Yulia, S. R., & Ramli, R. (2019). Analisis kebutuhan pengembangan handout berbasis STEM terhadap pembelajaran fisika dalam menghadapi era revolusi industri 4 . 0. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, *5*(1), 42–48.