

Terbit online pada laman : <http://teknosi.fti.unand.ac.id/>

Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi

| ISSN (Print) 2460-3465 | ISSN (Online) 2476-8812 |



Artikel Penelitian

Analisis Bibliometrik Terhadap Tren dan Pertumbuhan Penelitian *Quantum Machine Learning*

Raka Yudistira^a, Endah Setyowati^{b*}^{a,b} Program Studi Sistem Telekomunikasi, Universitas Pendidikan Indonesia, Purwakarta, 41115, Indonesia,

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 23 Agustus 2025

Revisi Akhir: 14 Desember 2025

Diterbitkan Online: 14 Januari 2026

KATA KUNCI

Quantum,

Machine Learning,

Bibliometrik,

Tren

KORESPONDENSI

E-mail: endahsetyowati@upi.edu*

A B S T R A C T

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren serta perkembangan penelitian dalam bidang *Quantum Machine Learning* (QML) melalui pendekatan bibliometrik. QML merupakan turunan bidang ilmu dari *Machine Learning* (ML) yang mengintegrasikan beberapa prinsip dasar mekanika kuantum seperti *superposisi* dan *entanglement* yang memungkinkan komputasi yang lebih kompleks. Dibalik potensinya yang besar, jumlah publikasi ilmiah pada bidang ini masih relative terbatas dibandingkan dengan topik lain yang sering digunakan seperti *Artificial Intelligence* (AI). Maka dari itu, analisis serta pemetaan yang sistematis melalui pendekatan bibliometrik sangat diperlukan untuk membantu para peneliti untuk mengembangkan penelitian pada topik QML ini. data dikumpulkan dengan menggunakan software publish or perish dengan menggunakan database scopus pada periode 2013-2023 atau rentang 10 tahun terakhir. Didapatkan 200 dokumen yang berupa artikel ilmiah dan konfrensi. Analisis dilakukan terhadap berbagai parameter seperti tren jumlah publikasi dari tahun ke tahun, produktivitas penulis dalam mengembangkan penelitian pada bidang ini, jurnal dengan frekuensi publikasi tertinggi, serta keterikatan kata kunci pada QML. Data yang dianalisis serta divisualisasikan menggunakan Microsoft Excell dan VOSviewer. Hasil penelitian menunjukkan hasil yang membantu para peneliti seperti peningkatan publikasi pada rentang tahun 2017-2020, penulis paling produktif pada topik QML adalah M.schuld 6 jurnal ilmiah yang sudah dipublikasikan. Keterikatan kata kunci yang sangat erat dengan QML yakni quantum computing dan deep learning. Serta frekuensi tempat publikasi jurnal ilmiah terbanyak pada topik ini pada *Nature Communications*. Temuan ini diharapkan dapat menjadi rujukan serta acuan bagi para peneliti untuk yang akan meneliti pada bidang QML

1. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang relatif cepat tentunya mendorong kemajuan teknologi misalnya dalam teknologi komputasi kuantum yang telah membuka peluang yang baru kepada dunia dalam pengembangan algoritma serta *Machine Learning* (ML). pembaharuan ini dinamakan *Quantum Machine Learning* yang mengintegrasikan prinsip-prinsip mekanika kuantum seperti *superposisi* dan keterikatan dalam meningkatkan efisiensi serta kemampuan algoritma *Machine Learning* atau pembelajaran mesin dalam mengolah sebuah data yang kompleks serta berukuran besar [1], [2], [3]. Penemuan nya yang tergolong baru dan belum banyak diteliti oleh peneliti, tentunya literatur ilmiah

mengenai QML Ini masih belum banyak serta belum ditetapkan secara sistematis. Tentunya hal ini menyulitkan beberapa peneliti untuk memahami, meneliti, serta menentukan tren dan potensi kolaborasi pada bidang ini. oleh karena itu, dibutuhkan penelitian ini yang berbentuk studi bibliometri dalam mengidentifikasi beberapa point utama seperti, top penulis yang sering mempublikasikan penelitian di bidang ini, top jurnal yang sering digunakan dalam mempublikasikan QML, trend publikasi QML dalam beberapa tahun terakhir, hubungan antar author, dan lain-lain [4], [5]. Hal ini bertujuan mempermudah peneliti dalam merujuk serta mencari referensi dalam membuat penelitian lanjutan pada bidang QML.

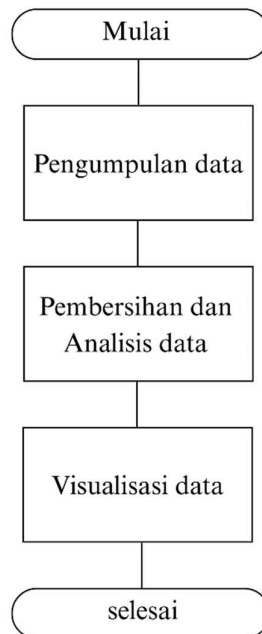
Pendekatan bibliometrik dalam menganalisis tren lainnya seperti bidang artificial intelligence (AI), serta *Machine Learning* (ML) sudah banyak data yang dibutuhkan dalam menganalisis sudah cukup banyak dan signifikan. Sehingga dalam proses analisis data yang dibutuhkan cukup dan dapat memperoleh banyak informasi dari hasil analisisnya[6], [7], [8]. Berbeda halnya dengan QML yang terbilang masih sangat sedikit yang meneliti mengenai bidang ini. mengingat QML merupakan bidang baru dengan potensi transformasional tinggi, tetapi masih dalam tahap eksplorasi awal oleh beberapa komunitas ilmiah menjadikannya perlu dipetakan secara sistematis beberapa penelitian yang sudah ada agar dapat dianalisis dan dijadikan rujukan untuk penelitian-penelitian baru.

Pada dasarnya, komputasi kuantum adalah sebuah inovasi teknologi yang mendapatkan sebuah perhatian yang cukup signifikan baik dari komunitas akademik maupun industri [9]. Hal ini karena sistem ini menciptakan sebuah kecepatan yang jauh lebih unggul dari sistem yang sudah ada sebelumnya. hal ini karena beberapa prinsip dasar dari fisika kuantum yang sangat cepat dibandingkan komputasi tradisional. Dengan mengandalkan fenomena *superposisi*, sebuah qubit dapat berada lebih dari satu keadaan pada waktu yang sama, sehingga pemrosesan data ditingkatkan pada kapasitas yang cukup tinggi. Hal lain seperti fenomena *entanglement* memungkinkan dua qubit atau lebih dapat saling terhubung satu sama lain meskipun terkandala oleh jarak yang jauh [10], [11], [12]. Hal ini tentunya akan memberikan efisiensi dalam komunikasi serta komputasi

seara paralel. Integrasi kedua prinsip tersebut dapat mengatasi berbagai keterbatasan dalam *Machine Learning* konvensional, terutama dalam menghadapi permasalahan seperti optimisasi yang kompleks dan big data [13], [14], [15], [16].

Quantum Machine Learning (QML), dianggap mampu memberikan solusi terhadap beberapa tantangan yang sudah dipaparkan, baik dalam tantangan konvensional dalam *Machine Learning* seperti keterbatasan memori, waktu komputasi, serta berbagai kebutuhan dengan sumber daya yang besar. Melalui QML, model pembelajaran dapat dilatih menggunakan dataset yang lebih luas dengan sangat efisien, serta dapat menemukan berbagai pola yang tidak dapat diidentifikasi dengan pendekatan konvensional [17], [18], [19]. Hal ini menjadikan QML sebagai salah satu bidang ilmu serta penelitian yang menjanjikan untuk aplikasi dari berbagai sektor yang memerlukan kompleksitas tinggi.

Meskipun potensinya yang sangat besar, perkembangan QML masih ditahap baru dan belum dikenal oleh khalayak ramai. Mulai dari publikasi yang masih terbatas jumlahnya dibandingkan topik lain yang general seperti *Artificial intelligence* (AI), dan *Machine Learning* (ML)[20], [21], [22], [23]. dengan demikian, pemetaan QML melalui analisis bibliometrik ini akan membantu mengidentifikasi peta penelitian untuk para peneliti selanjutnya. Melalui analisis bibliometrik, peneliti dapat memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai beberapa parameter yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian.



Gambar 1. Flowchart Metodologi

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik untuk menganalisis tren serta publikasi ilmiah terhadap bidang *Quantum Machine Learning* (QML). Metode ini bersifat kuantitatif dengan tujuan mengidentifikasi struktur, dinamika, serta perkembangan dari sebuah ilmu pengetahuan dalam suatu bidang berdasarkan metadata publikasi. Tahapan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data – pembersihan dan analisis data – visualisasi data.

2.1. Pengumpulan data

Data dikumpulkan dengan menggunakan software publish or perish dengan kumpulan data dari web scopus yakni salah satu basis data publikasi ilmiah berstandar internasional terbesar serta bereputasi. Data di sortir pada 10 tahun terakhir yakni 2013-2023. Dalam pengumpulannya data yang berhasil dikumpulkan berkisar 200 data dengan keyword *Quantum Machine Learning*. Data berupa artikel ilmiah, dan konferensi. Setelah itu, data akan diimport ke dalam format CSV dan RIS untuk melakukan pemrosesan data selanjutnya. Data yang dikumpulkan meliputi judul artikel, tahun terbit, nama penulis, afiliasi, sumber jurnal, dan lain-lain.

Proses pengumpulan data ini merupakan tahap yang paling awal dan sangat penting untuk dilakukan dalam meneliti bibliometrik terhadap topik QML. Karena kualitas serta kelengkapan data akan mempengaruhi hasil dari analisis secara keseluruhan. Scopus dipilih sebagai sumber utama dalam proses pengumpulan data karena cakupannya yang sudah internasional dan bereputasi tinggi. Dengan menggunakan rentang waktu sekitar 10 tahun terakhir, bertujuan untuk melihat perkembangan QML secara signifikan dalam rentang waktu tersebut, sehingga dapat dijadikan acuan dalam membuat penelitian lain yang berhubungan dengan QML.

Format CSV dipilih bertujuan untuk memudahkan pemrosesan data secara kuantitatif dalam perangkat lunak statistik atau software seperti Microsoft excel. Sedangkan format RIS digunakan untuk mempermudah integrasinya dalam menentukan beberapa parameter yang dibutuhkan pada software VOSviewer. Dengan demikian, data yang terkumpul sudah siap untuk dilakukan analisis lebih lanjut terhadap parameter yang akan dianalisisnya.

2.2. Pembersihan dan Analisis Data

Setelah data didapatkan, kemudian akan dibersihkan dari parameter yang tidak diinginkan, serta dianalisis kembali dalam berbagai aspek, mulai dari judul artikel, tahun terbit, nama penulis, afiliasi, sumber jurnal, dan informasi lain yang relevan. Tahap analisis data ini tentunya sangat penting karena berfungsi sebagai Langkah awal untuk proses validasi serta penyaringan data sebelum benar-benar akan digunakan untuk parameter yang akan diteliti. Analisis data yang digunakan berguna untuk mengidentifikasi beberapa hal yang akan diteliti secara mendalam, sehingga arah penelitiannya akan menjadi lebih sistematis,

Parameter yang akan dianalisisnya meliputi beberapa topik utama, yang disesuaikan dengan keadaan. (1) Tren publikasi QML dalam 10 tahun terakhir yakni 2013-2023, hal ini berguna untuk melihat

<https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.v11i3.2025.361-368>

perkembangan tren penelitian terkait QML dari waktu ke waktu, serta mengetahui relevansi QML sesuai dengan perkembangan zaman. (2) Produktivitas penulis bidang QML dalam mempublikasikan artikel ilmiahnya, hal ini berguna untuk melihat siapa saja yang paling sering publish dengan topik QML sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya. (3) Jurnal yang sering digunakan dalam publikasi penelitian dengan topik QML, analisis ini akan membantu memahami saluran serta fokus jurnal terhadap publikasinya, sehingga peneliti yang akan mempublish karyanya bisa mengikuti, hal ini akan menambah kualitas serta kredibilitas dari pihak publisher. (4) jumlah sitasi pertahun, tentunya akan memberikan gambaran yang jelas mengenai seberapa besar dampak serta pengaruh penelitian QML terhadap perkembangan bidang ilmu pengetahuan lainnya. Terakhir parameter yang dianalisis (5) relevansi kata kunci yang sering muncul, analisis ini membantu memahami ruang lingkup dari penelitian QML ini.

Beberapa perangkat lunak yang digunakan dalam melakukan pembersihan serta analisis data adalah Microsoft excel dan VOSviewer. Dimana pada Microsoft excel data akan dipetakan dalam beberapa parameter yaitu tren penelitian, produktivitas penulis, intensitas publisher jurnal, jumlah sitasi pertahun. Hal ini menggunakan fitur pivot table untuk menganalisis beberapa parameter yang dibutuhkan. Serta VOSviewer digunakan untuk menganalisis relevansi kata kunci yang sering muncul dalam penelitian terkait QML ini.

2.3. Visualisasi Data

Data yang sudah dianalisis tentunya akan memiliki hasil yang divisualisasikan dalam beberapa bentuk seperti dalam tabel, grafik dalam excel, dan peta jaringan (*network visualization*), peta kepadatan (*density visualization*), serta *overlay visualization* dalam VOS Viewer. Visualisasi ini menjadi aspek penting dalam penelitian bibliometrik karena dapat memudahkan peneliti untuk membaca, memahami, dan menginterpretasikan hasil analisis dengan lebih terstruktur. Tabel dan grafik yang disajikan dalam Microsoft excel dapat memberikan gambaran secara kuantitatif mengenai beberapa parameter yang dianalisis seperti jumlah publikasi pertahun, intensitas penulis, hingga intensitas publikasi pada jurnal-jurnal ilmiah tertentu. *Network visualization* pada VOS viewer berfungsi untuk memperlihatkan hubungan kolaborasi baik antar penulis, hingga negara. Sehingga peneliti akan mengetahui jaringan penelitian yang sama. Selain itu, hal lain seperti *density visualization* digunakan untuk menunjukkan sebuah intensitas dari kata kunci yang saling berhubungan berdasarkan tingkat kepadatannya. Indikasinya yaitu warna yang lebih terang atau gelap akan menunjukkan tingkat kepadatan yang berbeda, sehingga peneliti dapat melihat fokus utama pada penelitian terkait QML ini. terakhir, *overlay visualization* membantu dalam melihat perkembangan topik penelitian dari waktu ke waktu yang tentunya akan melihat relevansi zaman sesuai dengan kebutuhan.

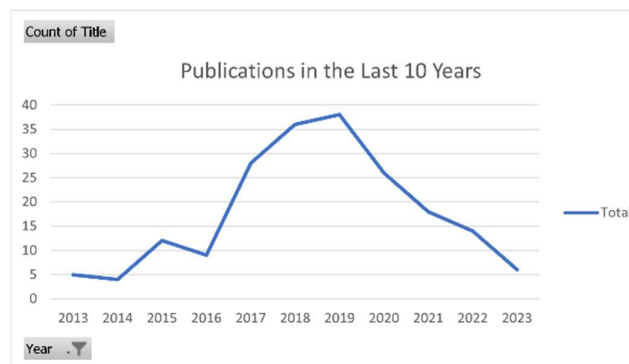
3. HASIL

3.1. Publikasi 10 tahun terakhir

Berdasarkan data yang sudah dipetakan dari 200 dokumen scopus yang berkisar dalam 10 tahun terakhir 2013-2023, menunjukkan adanya peningkatan tren yang signifikan dalam penelitian yang

membahas QML ini, Lihat gambar 2. bermula dari 3 tahun pertama menunjukkan penelitian pada bidang ini cukup rendah hanya berkisar 1-5 publikasi per tahun. Mulai dari tahun 2015, peningkatan sudah mulai signifikan terutama pada 2017 yang mengalami lonjakan tajam dengan hasil 28 publikasi dalam satu tahun. Periode puncak berkisar pada 2018-2020 dengan puncaknya pada 2019 (38 publikasi), diikuti dengan tahun 2020 (36 publikasi). Setelah tahun 2020 jumlah publikasi cenderung menurun.

Peningkatan di 5 tahun pertama mengindikasikan bahwa topik QML sudah menjadi pembaharuan yang cukup penting dalam teknologi berbasis kuantum dan AI. Dibuktikan dengan lonjakan besar tingkat publikasi yang dimana topik ini mulai sering diteliti pada tahun 2019 dan 2020. Sedangkan penurunan yang terjadi bisa terjadi akibat beberapa faktor yang mengguncang dunia diantaranya adalah pandemic COVID-19 dan lain-lain. Alasan lain penurunan tren publikasi pada bidang QML adalah sumber rujukan yang terbatas dan belum terlalu banyak diteliti oleh para peneliti.

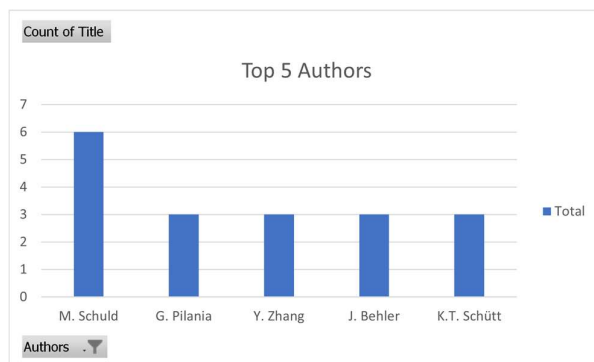


Gambar 2. Tren Penelitian 10 tahun Terakhir

3.2. Top 5 Penulis QML

Selanjutnya merupakan sebuah data yang menunjukkan intensitas para peneliti dalam mempublikasikan artikel ilmiahnya dalam bidang QML pada gambar 3, terbanyak dipegang oleh M.Schuld dengan total 6 publikasi jurnal dan yang paling banyak diantara yang lainnya. Penulis lainnya berkisar hanya 2-3 publikasi jurnal mengenai QML ini. M.schuld sebagai penulis dengan publikasi terbanyak tentunya memberikan kontribusi yang signifikan dalam dunia QML terutama dalam integrasi *Machine Learning* dan quantum computing, dengan bukunya yang terkenal yaitu “*Quantum Machine Learning in feature Hilbert spaces*”[24], [25], [26], [27], [28], [29].

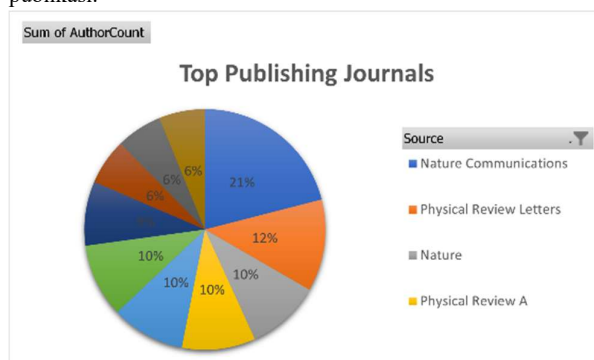
Sementara itu, berdasarkan gambar 3, empat penulis lainnya yakni G. Pilania, Y.Zhang, J. Behler, dan K.T. schutt, masing-masingnya memiliki jumlah publikasi yang tidak terlalu banyak yakni hanya sekitar 2-3 publikasi [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [39], [40], [41]. Meski begitu, meskipun jumlah publikasinya belum terlalu banyak dibandingkan dengan M. Schuld, kontribusi dari para penulis sangat penting karena penelitian-penelitian tersebut memperkaya cakupan kajian atau penelitian yang akan dilakukan oleh para peneliti lain.



Gambar 3. Top 5 Penulis QML

3.3. Top Publisher jurnal

Berdasarkan data pada gambar 4, terlihat bahwa 10 top teratas tempat publish jurnal yang sering digunakan untuk publikasi pada bidang QML, yang teratas dipegang oleh *Nature Communications* dengan total 17 artikel yang telah dipublikasikan. *Nature Communications* sendiri merupakan jurnal ilmiah yang bersifat multidisipliner dan *open acces* dengan bidang ilmu yang sering dipublikasikan diantaranya fisika dan ilmu material, hayati, kimia, lingkungan, Teknik dan komputasi, dan medis. Seperti salah satu karya H.Y Huang dengan judul “*Power of data in quantum Machine Learning*” yang dipublikasi pada jurnal ini. Sehingga topik QML sangat diterima disini karena merupakan cabang bidang ilmu dari komputasi serta fisika. Disusul dengan *physical review letters* dengan total 10 publikasi, dengan dominasi bidang ilmu yakni fisika kuantum dan teknologi komputasi yang kian meningkat, sehingga para peneliti percaya pada reputasi jurnal ilmiah ini sebagai tempat publikasi artikel mengenai QML. Tempat publikasi lainnya seperti *Nature* dan *npj quantum information* cukup menunjang dalam publikasi bidang QML dengan total publikasinya berkisar antara 5-8 publikasi.

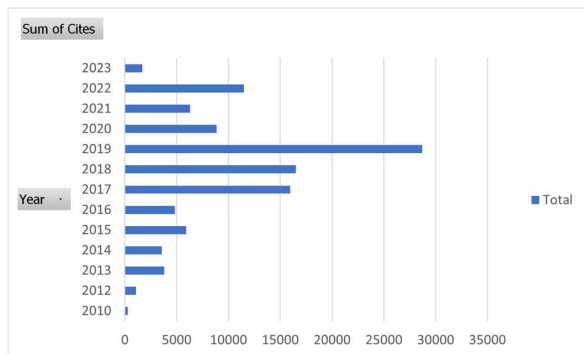


Gambar 4. Produktivitas tempat publikasi Jurnal internasional

3.4. Jumlah Sitasi Tahun

Dilihat pada gambar 5, menunjukkan bahwa distribusi terhadap sitasi publikasi jurnal ilmiah pada bidang QML 13 tahun terakhir ini, menjadi indikator yang penting dalam analisis bibliometrik untuk menilai dampak dan pengaruh dari suatu penelitian. terlihat bahwa puncak sitasi terlihat pada tahun 2019 dengan angka mencapai hampir 30.000 sitasi, hal ini menandakan adanya publikasi serta tema yang dominan menjadi pusat perhatian akademik global. Periode 2017-2019 merupakan fase yang paling tinggi, dimana banyaknya penelitian yang berpengaruh tinggi

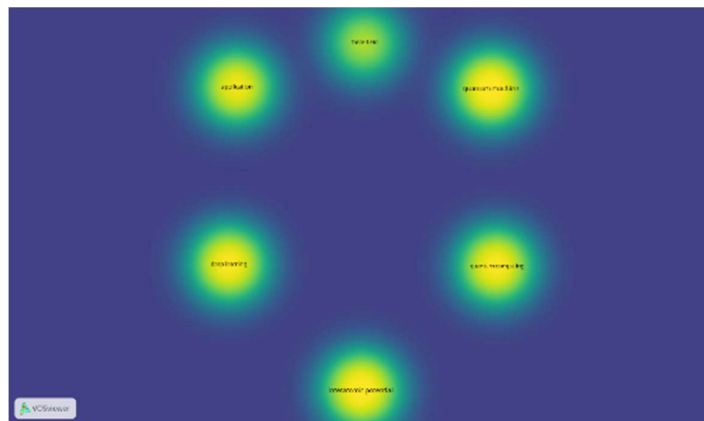
muncul serta dijadikan acuan suatu literatur pada penelitian selanjutnya. Namun, publikasi pada tahun 2020-2023 memperlihatkan tren penurunan pada jumlah sitasi. Hal ini wajar terjadi, salah satu penyebabnya adalah adanya “*citation lag*”, atau jeda waktu antara publikasi terbit serta akumulasi sitasi.



Gambar 5. Jumlah Sitasi Tahunan

3.5. Relevansi Kata kunci

Pada gambar 6, merupakan sebuah pemetaan data berupa *density map* atau distribusi kepadatan terhadap *keyword* atau kata kunci yang sering digunakan dalam penelitian bidang QML ini. warna kuning mengindikasikan area frekuensi kemunculan yang cukup tinggi pada *keyword* dalam kumpulan data tadi. Warna hijau



Gambar 6. Relevansi kata kunci

4. PEMBAHASAN

Hasil analisis yang dengan pendekatan bibliometrik pada 200 dokumen dengan topik bidang ilmu *Quantum Machine Learning* (QML) menunjukkan bahwa, Pertama pada sisi tren publikasi, terlihat dengan jelas bahwa topik ini mulai berkembang pada tahun 2015 dengan masa puncaknya di 2019 dengan 38 publikasi. Setelah itu, tren publikasi cenderung menurun dengan beberapa kondisi objektif seperti pandemic COVID-19 yang telah terjadi, maupun kendala lainnya seperti keterbatasan literatur rujukan pada topik ini. meskipun demikian, pada tren awal yang menunjukkan antusiasme pada topik ini menunjukkan minat yang besar dari beberapa komunitas peneliti untuk mengeksplorasi lebih jauh terhadap topik QML ini sebagai bidang penelitian yang potensial dan berdaya guna secara global.

bergradasi biru menunjukkan frekuensi yang lebih rendah atau cenderung menurun. Berdasarkan data, kata kunci *Quantum Machine* merupakan yang memiliki intensitas tertinggi karena berada pada daerah berwarna kuning, hal ini mengindikasikan bahwa *Quantum machine* merupakan salah satu fokus utama dalam penelitian QML ini.

Quantum Machine sendiri memiliki arti sebagai algoritma mesin yang berbasis komputasi secara kuantum, atau QML itu sendiri. Selanjutnya *Quantum Computing* masih dalam area berwarna kuning, yang mengindikasikan keterikatan terhadap topik QML sangat tinggi. *Quantum computing* sendiri merupakan pondasi dari teknologi QML ini yang memanfaatkan teknologi qubit, *superposisi*, serta entanglement. Selanjutnya deep learning masih dalam area berwarna kuning, yang tentunya sangat berkaitan erat dengan QML karena deep learning sendiri merupakan sebuah cabang ilmu dari *Machine Learning* itu sendiri. Selain itu, model dalam deep learning seperti *Quantum Neural Network* (QNN) kerap digunakan dalam integrasi QML. Selain itu kata kunci lain pada area berwarna hijau seperti *force field* dan *application*, mengindikasikan bahwa topik-topik ini belum menjadi fokus utama dalam penelitian QML. Hanya saja tetap menjadi rujukan seperti *force field* yang sering muncul dalam simulasi berbasis fisika dan kimia komputasional dimana dapat digunakan dalam penelitian berbasis QML ini.

Kedua, dari sisi produktivitas penulis berdasarkan data yang sudah dianalisis, menunjukkan bahwa penulis Bernama M. Schuld menempati posisi pertama dengan mempublikasi total 6 publikasi. Kontribusinya terhadap topik ini sangat signifikan karena fokusnya yang bertajuk pada integrasi *Machine Learning* dan quantum computing dengan memperkenalkan konsep dasar QML melalui artikelnya, tentunya hal ini menjadi rujukan dan acuan bagi para peneliti lainnya dalam melakukan penelitian terkait. Penulis lainnya seperti G. Pilania, Y.Zhang, J.Behler, dan K.T. Schutt memberikan kontribusi penting juga terhadap penelitian dengan topik QML ini meskipun jumlah publikasinya tidak sebanyak M. Schuld. Hal ini menunjukkan bahwa terbatasnya penulis yang melakukan penelitian terhadap QML, karya tulisnya tetap memiliki peran penting sebagai acuan dasar pada peneliti lainnya.

Ketiga, dari sisi intensitas serta produktivitas tempat publikasi jurnal ilmiah dipegang oleh *Nature Communications* dengan 17

publikasi artikel terkait QML ini. disusul dengan *Psychical Review Letters* dengan 10 artikel. Fakta ini merupakan bukti bahwa topik QML diterima dengan baik dalam jurnal bereputasi tinggi tentunya bersifat multidisipliner, khususnya kontribusinya terhadap bidang fisika, komputasi dan ilmu material. Hal ini juga menegaskan bahwa QML merupakan bidang lintas disiplin yang sangat relevan bagi berbagai sektor penelitian.

Keempat, dari sisi jumlah sitasi pertahun, menunjukkan perkembangan sitasi yang cukup signifikan dari tahun ke tahun. Hal ini berguna untuk mengidentifikasi bahwa penelitian mengenai QML sudah banyak di sitasi oleh para peneliti di bidang lain karena bidang ilmu yang tergolong baru dan tentunya saling berkesinambungan dengan penelitian sebelumnya. tahun 2019 menjadi puncak pada analisis sitasi ini karena mendapatkan hampir 30.000 sitasi dalam satu tahun.

Terakhir, dari sisi kata kunci yang sudah dianalisis, menunjukkan bahwa hasil pemetaan melalui density visualization bahwa kata kunci seperti *Quantum Machine Learning* menunjukkan keterikatan lain pada kata kunci seperti *Machine Learning* dan Deep Learning. Hal ini tentunya menunjukkan kata kunci yang paling dominan, ditandai dengan area warna kuning pada gambar 6 yang merepresentasikan frekuensi tinggi. Pada relevansinya kata kunci ini sangat berhubungan erat dengan QML sehingga bisa dibilang menjadi turunan ilmu serta pengetahuan yang di dasari oleh topik-topik general, misalnya *Quantum Machine Learning* (QML) merupakan turunan dari *Machine Learning* (ML) itu sendiri. Sementara itu, kata kunci lain yang ada seperti force field, application masih ada pada area berwarna hijau, yang menunjukkan bahwa topik-topik tersebut belum banyak dieksplorasi namun bisa berpotensi terhadap penelitian yang baru.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang sudah dianalisis, Penelitian ini memberikan gambaran yang kompherensif terhadap perkembangan penelitian dalam bidang *Quantum Machine Learning* (QML) menggunakan pendekatan bibliometrik. Pada 200 dokumen publikasi artikel ilmiah pada bidang QML pada rentang 10 tahun terakhir yakni 2013-2023 pada database scopus, dapat disimpulkan bahwa QML merupakan sebuah disiplin ilmu yang relative baru yang menunjukkan tren pertumbuhan yang potensial dan signifikan. Dibuktikan dengan tren publikasi yang terus meningkat. Parameter yang dianalisis menunjukkan hasil yang signifikan bagi para peneliti QML yang membutuhkan data tren penelitian ini dari 10 tahun terakhir atau rentang tahun 2013-2023.

Beberapa parameter yang akan dianalisis mulai dari sisi tren publikasi pertahun yang kian meningkat pertahunnya hingga puncaknya pada tahun 2019, meskipun ada penurunan di beberapa tahun terakhir dengan berbagai faktor kendalanya, seperti pandemic COVID-19 menunjukkan penurunan yang signifikan. Meskipun begitu, topik QML masih menjadi sebuah potensi yang besar untuk diteliti. Selanjutnya dari segi Produktivitas penulis yang berhasil mempublikasikan karya yang cukup signifikan adalah M. Schuld dengan 6 publikasi terkait QML yang tentunya menjadi acuan dasar bagi peneliti lainnya, disusul dengan peneliti lainnya yang berkisar mempublikasikan

2-3 jurnal pada topik QML ini. selanjutnya tempat publikasi jurnal yang sering mempublikasikan mengenai QML ini dipegang oleh nature communicatios dengan 17 publikasinya, hal ini mengindikasikan bahwa topik QML diterima dengan baik dan menjadi bahan ekspolasi yang lebih tinggi lagi. jumlah sitasi pertahun yang mencapai 30.000 sitasi pada tahun 2019, hal ini menunjukkan bahwa QML merupakan topik yang baru dan potensial untuk diteliti. Sehingga dijadikan sitasi bagi peneliti lainnya. dan terakhir dari sisi keterikatan kata kunci yang paling dominan ialah Quantum computing, *Machine Learning*, dan deep learning. Ketiga kata kunci tersebut menunjukkan relevansi dan dominasi terhadap topik QML dan tentunya berhubungan sangat erat dengan QML.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Gupta, C. E. Wood, T. Engstrom, J. D. Pole, and S. Shrapnel, "A systematic review of *Quantum Machine Learning* for digital health," *NPJ Digit Med*, vol. 8, no. 1, Dec. 2025, doi: [10.1038/s41746-025-01597-z](https://doi.org/10.1038/s41746-025-01597-z).
- [2] M. Doosti, P. Wallden, C. B. Hamill, R. Hankache, O. T. Brown, and C. Heunen, "A Brief Review of *Quantum Machine Learning* for Financial Services," Jul. 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2407.12618>
- [3] M. Schuld and N. Killoran, "Is Quantum Advantage the Right Goal for *Quantum Machine Learning*?, " Jul. 01, 2022, *American Physical Society*. doi: [10.1103/PRXQuantum.3.030101](https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.3.030101).
- [4] A. A. Ahmadi Kia, A. Shirzad, and A. M. Saghiri, "A Bibliometrik Analysis of *Quantum Machine Learning* Research."
- [5] T. Ichikawa, "Bibliometrik analysis of topic structure in quantum computation and quantum algorithm research," Jan. 2022, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2201.01911>
- [6] D. P. García, J. Cruz-Benito, and F. J. García-Peñalvo, "Systematic Literature Review: *Quantum Machine Learning* and its applications," Dec. 2023, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2201.04093>
- [7] R. Bansal and N. K. Rajput, "Quantum *Machine Learning*: Unveiling Trends, Impacts through Bibliometrik Analysis," Apr. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2504.07726>
- [8] M. Ramezani, S. A. Zargar, A. Bahrampour, S. B. Shouraki, and A. Bahrampour, "Parallel Data Processing in *Quantum Machine Learning*," Aug. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2508.12006>
- [9] A. Bayerstadler *et al.*, "Industry quantum computing applications," *EPJ Quantum Technol*, vol. 8, no. 1, Dec. 2021, doi: [10.1140/epjqt/s40507-021-00114-x](https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-021-00114-x).

- [10] H. Y. Huang *et al.*, "Power of data in quantum *Machine Learning*," *Nat Commun*, vol. 12, no. 1, Dec. 2021, doi: [10.1038/s41467-021-22539-9](https://doi.org/10.1038/s41467-021-22539-9).
- [11] T. N. Pandey, V. Ravalekar, S. D. Nair, and S. K. Pradhan, "A comparative analysis of classical *Machine Learning* models with quantum-inspired models for predicting world surface temperature," *Sci Rep*, vol. 15, no. 1, Aug. 2025, doi: [10.1038/s41598-025-12515-4](https://doi.org/10.1038/s41598-025-12515-4).
- [12] N. Schetakis *et al.*, "Quantum neural networks with data re-uploading for urban traffic time series forecasting," *Sci Rep*, vol. 15, no. 1, Dec. 2025, doi: [10.1038/s41598-025-04546-8](https://doi.org/10.1038/s41598-025-04546-8).
- [13] S. Wu, Y. Zhang, and J. Li, "Quantum data parallelism in quantum neural networks," *Phys Rev Res*, vol. 7, no. 1, Jan. 2025, doi: [10.1103/PhysRevResearch.7.013177](https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.7.013177).
- [14] S. H. Sack and D. J. Egger, "Large-scale quantum approximate optimization on nonplanar graphs with *Machine Learning* noise mitigation," *Phys Rev Res*, vol. 6, no. 1, Jan. 2024, doi: [10.1103/PhysRevResearch.6.013223](https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.6.013223).
- [15] X. Wang, Y. Du, Z. Tu, Y. Luo, X. Yuan, and D. Tao, "Transition role of entangled data in quantum *Machine Learning*," *Nat Commun*, vol. 15, no. 1, Dec. 2024, doi: [10.1038/s41467-024-47983-1](https://doi.org/10.1038/s41467-024-47983-1).
- [16] M. Ramezani, S. A. Zargar, A. Bahrapour, S. B. Shouraki, and A. Bahrapour, "Parallel Data Processing in Quantum *Machine Learning*," Aug. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2508.12006>
- [17] T. Haug, C. N. Self, and M. S. Kim, "*Quantum Machine Learning* of large datasets using randomized measurements," Dec. 2022, doi: [10.1088/2632-2153/acb0b4](https://doi.org/10.1088/2632-2153/acb0b4).
- [18] D. Ranga, A. Rana, S. Prajapat, P. Kumar, K. Kumar, and A. V. Vasilakos, "Quantum *Machine Learning*: Exploring the Role of Data Encoding Techniques, Challenges, and Future Directions," Nov. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: [10.3390/math12213318](https://doi.org/10.3390/math12213318).
- [19] X. B. Nguyen, H. Q. Nguyen, H. Churchill, S. U. Khan, and K. Luu, "Quantum visual feature encoding revisited," *Quantum Mach Intell*, vol. 6, no. 2, Dec. 2024, doi: [10.1007/s42484-024-00192-x](https://doi.org/10.1007/s42484-024-00192-x).
- [20] D. Ranga, A. Rana, S. Prajapat, P. Kumar, K. Kumar, and A. V. Vasilakos, "Quantum *Machine Learning*: Exploring the Role of Data Encoding Techniques, Challenges, and Future Directions," Nov. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: [10.3390/math12213318](https://doi.org/10.3390/math12213318).
- [21] R. M. Devadas and S. T., "Quantum *Machine Learning*: A comprehensive review of integrating AI with quantum computing for computational advancements," Jun. 01, 2025, *Elsevier B.V.* doi: [10.1016/j.mex.2025.103318](https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103318).
- [22] M. Cerezo, G. Verdon, H.-Y. Huang, L. Cincio, and P. J. Coles, "Challenges and Opportunities in Quantum *Machine Learning*," Mar. 2023, doi: [10.1038/s43588-022-00311-3](https://doi.org/10.1038/s43588-022-00311-3).
- [23] K. Zaman, A. Marchisio, M. A. Hanif, and M. Shafique, "A Survey on Quantum *Machine Learning*: Current Trends, Challenges, Opportunities, and the Road Ahead," Jun. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2310.10315>
- [24] M. Schuld and N. Killoran, "*Quantum Machine Learning* in feature Hilbert spaces," Mar. 2018, doi: [10.1103/PhysRevLett.122.040504](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.040504).
- [25] M. Schuld, R. Sweke, and J. J. Meyer, "The effect of data encoding on the expressive power of variational *Quantum Machine Learning* models," Mar. 2021, doi: [10.1103/PhysRevA.103.032430](https://doi.org/10.1103/PhysRevA.103.032430).
- [26] M. Schuld, A. Bocharov, K. Svore, and N. Wiebe, "Circuit-centric quantum classifiers," Apr. 2018, doi: [10.1103/PhysRevA.101.032308](https://doi.org/10.1103/PhysRevA.101.032308).
- [27] M. Schuld, V. Bergholm, C. Gogolin, J. Izaac, and N. Killoran, "Evaluating analytic gradients on quantum hardware," Nov. 2018, doi: [10.1103/PhysRevA.99.032331](https://doi.org/10.1103/PhysRevA.99.032331).
- [28] M. Schuld, I. Sinayskiy, and F. Petruccione, "An introduction to quantum *Machine Learning*," Sep. 2014, doi: [10.1080/00107514.2014.964942](https://doi.org/10.1080/00107514.2014.964942).
- [29] M. Schuld, I. Sinayskiy, and F. Petruccione, "Prediction by linear regression on a quantum computer," Aug. 2016, doi: [10.1103/PhysRevA.94.022342](https://doi.org/10.1103/PhysRevA.94.022342).
- [30] J. Behler, "Hochdimensionale neuronale Netze für Potentialhyperflächen großer molekularer und kondensierter Systeme," *Angewandte Chemie*, vol. 129, no. 42, pp. 13006–13020, Oct. 2017, doi: [10.1002/ange.201703114](https://doi.org/10.1002/ange.201703114).
- [31] K. T. Schütt, F. Arbabzadah, S. Chmiela, K. R. Müller, and A. Tkatchenko, "Quantum-Chemical Insights from Deep Tensor Neural Networks," Nov. 2016, doi: [10.1038/ncomms13890](https://doi.org/10.1038/ncomms13890).
- [32] K. T. Schütt, M. Gastegger, A. Tkatchenko, K.-R. Müller, and R. J. Maurer, "Unifying *Machine Learning* and quantum chemistry -- a deep neural network for molecular wavefunctions," Jun. 2019, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1906.10033>
- [33] K. T. Schütt, H. E. Sauceda, P.-J. Kindermans, A. Tkatchenko, and K.-R. Müller, "SchNet - a deep

learning architecture for molecules and materials,” Mar. 2018, doi: [10.1063/1.5019779](https://doi.org/10.1063/1.5019779).

- [34] G. Pilania, J. E. Gubernatis, and T. Lookman, “Multi-fidelity *Machine Learning* models for accurate bandgap predictions of solids,” *Comput Mater Sci*, vol. 129, pp. 156–163, Mar. 2017, doi: [10.1016/j.commatsci.2016.12.004](https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2016.12.004).
- [35] J. Behler, “Perspective: *Machine Learning* potentials for atomistic simulations,” *Journal of Chemical Physics*, vol. 145, no. 17, Nov. 2016, doi: [10.1063/1.4966192](https://doi.org/10.1063/1.4966192).
- [36] J. Behler, “Constructing high-dimensional neural network potentials: A tutorial review,” in *International Journal of Quantum Chemistry*, John Wiley and Sons Inc, Aug. 2015, pp. 1032–1050. doi: [10.1002/qua.24890](https://doi.org/10.1002/qua.24890).
- [37] Y. Zhang *et al.*, “DP-GEN: A concurrent learning platform for the generation of reliable deep learning based potential energy models,” Oct. 2019, doi: [10.1016/j.cpc.2020.107206](https://doi.org/10.1016/j.cpc.2020.107206).
- [38] Y. Zhang, C. Hu, and B. Jiang, “Embedded Atom Neural Network Potentials: Efficient and Accurate *Machine Learning* with a Physically Inspired Representation.”
- [39] G. Pilania, A. Mannodi-Kanakkithodi, B. P. Uberuaga, R. Ramprasad, J. E. Gubernatis, and T. Lookman, “*Machine Learning* bandgaps of double perovskites,” *Sci Rep*, vol. 6, Jan. 2016, doi: [10.1038/srep19375](https://doi.org/10.1038/srep19375).
- [40] G. Pilania, C. Wang, X. Jiang, S. Rajasekaran, and R. Ramprasad, “Accelerating materials property predictions using *Machine Learning*,” *Sci Rep*, vol. 3, 2013, doi: [10.1038/srep02810](https://doi.org/10.1038/srep02810).
- [41] Y. Zhang and E.-A. Kim, “Quantum Loop Topography for *Machine Learning*,” Feb. 2017, doi: [10.1103/PhysRevLett.118.216401](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.216401).

BIODATA PENULIS



Raka Yudistira

Berasal dari Bandung, yang merupakan mahasiswa jurusan Sistem Telekomunikasi Universitas Pendidikan Indonesia. Memiliki ketertarikan erat dengan desain grafis, *Machine Learning*, dan deep learning.



Endah Setyowati

Dosen Prodi Sistem Telekomunikasi yang aktif melakukan penelitian dalam bidang Telekomunikasi. Penelitian yg dilakukan saat ini terkait IoT, pengolahan sinyal dan transmisi.