

Pembelajaran Pendidikan Agama Islam melalui Sistem Pencarian Artikel Berbasis *Bidirectional Encoder Representations from Transformers* (BERT)

Ana Tsalitsatun Ni'mah ^{1*}, Rika Yunitarini ², Sulton Nawawi ³

^{1,3} Pendidikan Informatika, Universitas Trunojoyo Madura

² Teknik Informatika, Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang Kamal, Bangkalan, Jawa Timur Indonesia, 69162

*Email: ¹ ana.tsalits@trunojoyo.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan jumlah artikel ilmiah dalam bidang keislaman dan pendidikan agama di era digital menghadirkan tantangan bagi mahasiswa, dosen, maupun peneliti dalam menemukan referensi yang relevan dan sesuai kebutuhan pembelajaran. Meskipun sumber informasi sangat melimpah, hasil pencarian yang ditampilkan mesin pencari umum sering kali bersifat generik dan tidak spesifik pada ranah Pendidikan Agama Islam, sehingga proses pencarian referensi menjadi kurang efisien dan memakan waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pencarian artikel berbasis web yang memanfaatkan *Bidirectional Encoder Representations from Transformers* (BERT) untuk mendukung pembelajaran dan penelitian dalam Pendidikan Agama Islam. Dataset yang digunakan terdiri dari 2.125 artikel ilmiah terkait studi Islam dan Pendidikan Agama Islam yang dikumpulkan dari Google Scholar serta beberapa repositori jurnal keagamaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pencarian berbasis BERT mampu memberikan hasil yang lebih relevan dibandingkan pencarian konvensional. Uji oleh pengguna memperoleh persentase 89% (kategori baik). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem pencarian artikel berbasis BERT ini layak digunakan sebagai penunjang pembelajaran dan penelitian dalam bidang Pendidikan Agama Islam, karena efektif, efisien, dan mudah diakses.

Kata Kunci : Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT), Information Retrieval, Pendidikan Agama Islam, Pembelajaran Digital, Sistem Pencarian Artikel.

ABSTRACT

The increasing number of scientific articles in the fields of Islamic studies and religious education in the digital era presents challenges for students, lecturers, and researchers in finding relevant references that meet their learning needs. Although information sources are abundant, search results from general search engines are often generic and not specific to the domain of Islamic Religious Education, making the reference search process less efficient and time-consuming. This study aims to develop a web-based article retrieval system utilizing *Bidirectional Encoder Representations from Transformers* (BERT) to support learning and research in Islamic Religious Education. The dataset used consists of 2,125 scientific articles related to Islamic studies and Islamic Religious Education collected from Google Scholar and several religious journal repositories. The test results show that the BERT-based retrieval system is able to provide more relevant results compared to conventional searches. User evaluation obtained a score of 89% (good category). Thus, it can be concluded that the BERT-based article retrieval system is feasible to be used as a learning and research support tool in the field of Islamic Religious Education, as it is effective, efficient, and easily accessible.

Keywords : Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT), Information Retrieval, Islamic Religious Education, Digital Learning, Article Retrieval System



PENDAHULUAN

Pencarian referensi ilmiah merupakan bagian penting dalam kegiatan akademik, terutama bagi mahasiswa dan peneliti yang ingin menyusun karya ilmiah seperti skripsi, tesis, atau makalah. Seiring dengan meningkatnya jumlah artikel dan jurnal ilmiah di era digital, proses menemukan referensi yang relevan secara cepat dan efisien menjadi tantangan yang semakin besar (N. Setiawan & Amin, 2024). Ketersediaan artikel ilmiah yang relevan sangat berpengaruh terhadap kualitas penelitian, termasuk dalam bidang Pendidikan Agama Islam (PAI).

Mesin pencari artikel ilmiah seperti Google Scholar telah mempermudah proses pencarian referensi. Namun, meskipun efektif dalam menyediakan informasi yang beragam, hasil pencarian yang ditampilkan sering kali terlalu umum, tidak spesifik pada bidang tertentu, dan bergantung pada pemilihan kata kunci yang tepat (Ariesta et al., 2023). Hal ini mengakibatkan pengguna, khususnya mahasiswa dan peneliti di bidang PAI, harus menghabiskan banyak waktu untuk menyaring informasi yang tidak relevan, sehingga efisiensi dan efektivitas pencarian berkurang secara signifikan.

Kesulitan menemukan artikel ilmiah yang relevan berdampak besar pada berbagai aspek akademik. Salah satunya adalah penurunan kualitas karya ilmiah akibat keterbatasan referensi yang sesuai dengan kebutuhan penelitian (Nur et al., 2023). Kondisi ini juga mengurangi peluang publikasi mahasiswa dan peneliti dalam jurnal bereputasi, karena penelitian yang dihasilkan cenderung kurang mendalam dan tidak memiliki kontribusi signifikan. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi inovatif yang mampu menyediakan sistem pencarian artikel yang lebih spesifik dan akurat sesuai bidang kajian, khususnya dalam studi keislaman dan Pendidikan Agama Islam.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah Information Retrieval (IR), yang berfungsi untuk menemukan dokumen relevan dari kumpulan data dalam jumlah besar. IR tradisional, yang banyak mengandalkan metode berbasis kata kunci seperti Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF), memang telah digunakan pada berbagai penelitian (Trivedi & Raj, 2020; Kowsari et al., 2021). Namun, pendekatan tersebut masih memiliki keterbatasan dalam memahami makna semantik teks, sehingga hasil pencarian sering kali kurang kontekstual terhadap kebutuhan pengguna.

Perkembangan teknologi Natural Language Processing (NLP) menghadirkan model Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) sebagai solusi yang lebih canggih dalam sistem pencarian informasi. BERT bekerja dengan memahami konteks kata secara mendalam melalui mekanisme pemrosesan bahasa alami berbasis deep learning (Devlin et al., 2018; Arora & Kansal, 2023). Model ini terbukti unggul dalam meningkatkan kualitas pencarian teks, karena tidak hanya mengandalkan kata kunci literal, tetapi juga memahami hubungan semantik antar kata dalam kalimat (Chen et al., 2023; Guo et al., 2024). Dengan demikian, penerapan BERT pada sistem pencarian artikel ilmiah berpotensi menghasilkan referensi yang lebih relevan dan sesuai dengan kebutuhan bidang studi tertentu (Lin et al., 2022; Yang et al., 2023).

Dalam konteks Pendidikan Agama Islam, penerapan sistem pencarian berbasis BERT memiliki urgensi yang tinggi. Pertama, sistem ini mampu membantu mahasiswa dan peneliti menemukan artikel keislaman yang lebih sesuai dengan fokus kajian akademiknya (Imran et al., 2021; Rahman &

Forhad, 2021). Kedua, teknologi ini mendukung pembelajaran digital dengan memperkaya akses literatur ilmiah yang berkualitas (Ahmed & Saeed, 2023; Hamzah & Yusof, 2021; Saleh & Hanapi, 2022). Ketiga, sistem pencarian ini dapat meningkatkan produktivitas riset, sehingga memperluas peluang publikasi ilmiah di bidang PAI.

Dalam era digital, jumlah publikasi ilmiah dalam bidang Pendidikan Agama Islam mengalami peningkatan yang signifikan. Menurut data dari Scopus, jumlah artikel tentang Pendidikan Agama Islam meningkat 150% dalam dekade terakhir (Oktaviani, 2023). Tantangan yang dihadapi oleh mahasiswa, dosen, dan peneliti adalah kesulitan dalam mengakses informasi yang relevan di tengah lautan data tersebut. Mesin pencari umum sering kali menghasilkan hasil yang bersifat generik, sehingga tidak sesuai dengan kebutuhan spesifik pengguna di bidang ini (Alqahtani & Kavakli-Thorne, 2021; Choudhary & Bhattacharya, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pencarian berbasis web yang memanfaatkan model Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT), yang diklaim mampu meningkatkan efisiensi dan relevansi pencarian referensi (Qiu & Jin, 2024; Babu & Boddu, 2024).

BERT menawarkan pendekatan yang lebih baik dibandingkan metode pencarian informasi tradisional seperti TF-IDF, yang hanya mempertimbangkan frekuensi kata kunci tanpa memahami konteks kalimat (Zhang et al., 2021). Dengan kemampuan BERT dalam memahami konteks kata dalam jarak jauh, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan relevansi hasil pencarian (Souza et al., 2023; Shang et al., 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode System Development Life Cycle (SDLC) model Waterfall. Metode SDLC model Waterfall merupakan salah satu pendekatan dalam pengembangan sistem yang terdiri atas lima tahapan utama, yaitu analisis (analysis), desain (design), implementasi (implementation), uji coba (testing), dan pengelolaan (maintenance). Setiap tahapan dalam metode ini dilaksanakan secara berurutan mengikuti alur yang telah ditentukan, tanpa memungkinkan perubahan urutan atau pengulangan tahap sebelumnya (Gumilang, 2022). Prosedur dilakukan melalui tahapan:

Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan sistem, termasuk identifikasi permasalahan pencarian artikel ilmiah di bidang Pendidikan Agama Islam, pengumpulan dataset artikel dari berbagai repositori (Google Scholar, jurnal pendidikan Islam, dan repositori penelitian keislaman), serta perumusan kebutuhan pengguna (mahasiswa, dosen, dan peneliti) (Ni'mah & Arifin, 2020; Fatmawati & Suharto, 2022). Data tambahan pada penelitian ini juga dikumpulkan melalui proses crawling untuk membangun dataset yang akan digunakan sebagai bahan pengujian dalam aplikasi (Imran et al., 2021). Metodologi penelitian ini melibatkan pengumpulan dataset yang terdiri dari 2.125 artikel ilmiah yang diambil dari Google Scholar dan repositori jurnal keagamaan. Artikel-artikel ini kemudian diproses dan dipersiapkan untuk pelatihan model BERT (Devlin et al., 2018; Arora & Kansal, 2023). Model BERT dan proses pelatihannya dilakukan menggunakan perangkat lunak Python dengan pustaka transformers dari Hugging Face. Parameter utama yang digunakan selama pelatihan termasuk jumlah epoch dan ukuran batch, serta parameter evaluasi yang mengukur relevansi hasil pencarian (Chen et al., 2023; Guo et al., 2024). Pengembangan sistem juga

melibatkan pengaturan server menggunakan Flask untuk pengintegrasian antarmuka pengguna.

Data yang dikumpulkan meliputi metadata penting, seperti judul, abstrak, nama penulis, tahun publikasi, sumber artikel, tautan artikel, tautan full-text, serta jumlah sitasi. Proses crawling ini dirancang untuk memastikan dataset mencakup berbagai kategori topik yang relevan dengan kebutuhan pengguna, khususnya di bidang Pendidikan Agama Islam (Hamzah & Yusof, 2021; Saleh & Hanapi, 2022).

Adapun batasan kata kunci yang digunakan dalam pengumpulan dataset mencakup: Pendidikan Agama Islam, Fiqh, Akidah Akhlak, Al-Qur'an Hadis, Sejarah Kebudayaan Islam, Media Pembelajaran PAI, dan Digital Learning Islam (Ahmed & Saeed, 2023; Oktaviani, 2023).

Desain

Tahap ini mencakup perancangan arsitektur sistem, rancangan basis data, alur proses sistem, serta rancangan antarmuka pengguna (user interface). Selain itu, ditentukan pula bagaimana integrasi model BERT akan diimplementasikan dalam proses Information Retrieval artikel ilmiah (Lin et al., 2022; Liu et al., 2023).

Implementasi

Pada tahap ini dilakukan pembangunan sistem berbasis web yang mengintegrasikan model BERT. Dataset artikel ilmiah yang telah dikumpulkan digunakan untuk melatih dan menguji model agar dapat menghasilkan hasil pencarian yang relevan sesuai kata kunci dan konteks penelitian (Babu & Boddu, 2024; Qiu & Jin, 2024).

Uji Coba

Sistem yang telah dikembangkan diuji menggunakan beberapa metode pengujian. Uji coba dilakukan baik oleh ahli sistem maupun oleh pengguna (mahasiswa dan dosen PAI) untuk memastikan relevansi, kecepatan, serta kemudahan penggunaan sistem pencarian (Wang, Y. et al., 2023).

Pengelolaan

Tahap ini dilakukan untuk menjaga keberlanjutan sistem. Perawatan meliputi pembaruan dataset artikel, optimasi performa model BERT, serta perbaikan bug atau error yang ditemukan selama penggunaan (Souza et al., 2023). Instrumen tersebut diberikan kepada para ahli di bidang Information Retrieval dan Pendidikan Agama Islam (PAI), serta kepada pengguna akhir (mahasiswa dan dosen PAI) untuk mengevaluasi dan memberikan penilaian terhadap masing-masing aspek yang diuji (Sazali et al., 2022).

Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa sistem pencarian artikel berbasis BERT yang dikembangkan benar-benar layak digunakan dalam mendukung pembelajaran dan riset Pendidikan Agama Islam (Choudhary & Bhattacharya, 2022). Melalui instrumen ini, dapat diukur sejauh mana sistem berfungsi secara optimal, memberikan kenyamanan dalam penggunaan, memiliki performa yang efisien, serta dapat berjalan dengan baik pada berbagai platform digital yang digunakan dalam proses pembelajaran (Alqahtani & Kavakli-Thorne, 2021).

Model BERT telah terbukti efektif di berbagai bidang penelitian, termasuk dalam analisis sentimen dan sistem rekomendasi (Yang et al., 2023; Jalal et al., 2022). Dalam konteks Pendidikan Agama Islam, penggunaan BERT memungkinkan pencocokan yang lebih baik antara kueri pengguna dan dokumen yang relevan, berdasarkan pemahaman konteks yang lebih dalam (Rahman & Forhad, 2021). Meskipun telah banyak penelitian yang menggunakan BERT, belum ada sistem pencarian yang secara khusus ditujukan untuk Pendidikan Agama Islam, sehingga penelitian ini mengisi celah tersebut (Kamran et al., 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian aspek Usability dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem pencarian artikel Pendidikan Agama Islam berbasis BERT mudah digunakan, mudah dipelajari, serta memberikan pengalaman yang memuaskan bagi penggunaannya. Pengujian ini melibatkan 27 responden yang terdiri dari 2 dosen dan 25 mahasiswa Program Studi Pendidikan Agama Islam. Penilaian dilakukan melalui kuesioner yang berisi 8 pernyataan yang mencerminkan empat indikator utama usability, yaitu Usefulness, Ease of Use, Ease of Learn, dan Satisfaction. Setiap pernyataan dalam kuesioner dinilai menggunakan skala Likert dengan lima pilihan jawaban, mulai dari Sangat Tidak Setuju (STS) hingga Sangat Setuju (SS).

Tabel 1. Hasil Uji Coba Aspek *Usability*

Responden	Status Responden	Sts	Ts	R	S	Ss
Responden 1	Dosen 1	0	0	0	8	0
Responden 2	Dosen 2	0	0	1	7	0
Responden 3	Mahasiswa 1	0	0	1	2	5
Responden 4	Mahasiswa 2	0	0	0	2	6
Responden 5	Mahasiswa 3	0	0	0	2	6
Responden 6	Mahasiswa 4	0	0	0	4	4
Responden 7	Mahasiswa 5	0	0	0	1	7
Responden 8	Mahasiswa 6	0	0	0	4	4
Responden 9	Mahasiswa 7	0	0	3	5	0
Responden 10	Mahasiswa 8	0	0	0	1	7
Responden 11	Mahasiswa 9	0	0	0	5	3
Responden 12	Mahasiswa 10	0	0	0	5	3
Responden 13	Mahasiswa 11	0	0	1	7	0
Responden 14	Mahasiswa 12	0	0	0	5	3
Responden 15	Mahasiswa 13	0	0	0	2	6
Responden 16	Mahasiswa 14	0	0	0	3	5
Responden 17	Mahasiswa 15	0	0	0	3	5
Responden 18	Mahasiswa 16	0	0	0	3	5
Responden 19	Mahasiswa 17	0	0	2	6	0
Responden 20	Mahasiswa 18	0	0	1	1	6
Responden 21	Mahasiswa 19	0	0	0	3	5
Responden 22	Mahasiswa 20	0	0	2	6	0
Responden 23	Mahasiswa 21	0	0	1	7	0
Responden 24	Mahasiswa 22	0	0	0	2	6
Responden 25	Mahasiswa 23	0	0	4	4	0
Responden 26	Mahasiswa 24	0	0	1	2	5
Responden 27	Mahasiswa 25	0	0	0	2	6
Total		0	0	17	102	97

Dari hasil pengumpulan data, diperoleh distribusi jawaban: 0 responden memilih STS atau TS, 17 memilih Ragu-ragu (R), 102 memilih Setuju (S), dan 97 memilih Sangat Setuju (SS). Total skor dihitung berdasarkan bobot setiap pilihan, dengan hasil akhir sebesar 944 poin. Selanjutnya, skor total dikonversikan ke dalam bentuk persentase dengan menggunakan rumus:

$$Skortotal = (JSTS \times 1) + (JTS \times 2) + (JR \times 3) + (JS \times 4) + (JSS \times 5)$$

$$Skortotal = (0 \times 1) + (0 \times 2) + (17 \times 3) + (102 \times 4) + (97 \times 5)$$

$$Skortotal = 51 + 408 + 485$$

$$Skortotal = 944$$

Setelah diperoleh skor total, tahap berikutnya adalah menghitung persentase hasil menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{persentase} = (\sum \text{skor}) / (i \times r \times 5) \times 100\%$$

$$\text{persentase} = 944 / (8 \times 27 \times 5) \times 100\%$$

$$\text{persentase} = 944 / 1080 \times 100\%$$

$$\text{persentase} = 89\%$$

Dari hasil pengujian usability diperoleh skor 89%, berdasarkan pedoman interpretasi nilai usability, skor persentase ini berada dalam kategori "Sangat Baik" (Wang, Y. et al., 2023). Capaian tersebut menunjukkan bahwa secara umum pengguna merasa mudah dalam mengoperasikan sistem, cepat memahami alur pencarian artikel, dan merasa puas dengan tampilan serta kinerja aplikasi. Beberapa pengguna memberikan tanggapan positif terhadap fitur pencarian yang mampu menyaring artikel sesuai bidang Pendidikan Informatika, serta keberadaan filter tahun dan integrasi dengan Google Scholar yang mempermudah akses terhadap referensi terbaru (Alqahtani & Kavakli-Thorne, 2021). Untuk menilai efektivitas sistem, penelitian ini menggunakan kriteria keberhasilan berdasarkan pedoman usability ISO 25010, di mana nilai $\geq 80\%$ dikategorikan "baik" dan nilai $\geq 85\%$ dikategorikan "sangat baik" (Liu et al., 2023). Dengan capaian 89%, sistem memenuhi syarat usability yang tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden merasa sistem ini efektif, efisien, dan bermanfaat. Kriteria ini memastikan bahwa interpretasi hasil tidak hanya berdasarkan angka persentase, tetapi juga merujuk pada standar internasional yang relevan (Choudhary & Bhattacharya, 2022).

Validasi ini menjadi indikator bahwa sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan pengguna, sebagaimana diidentifikasi pada tahap analisis. Permasalahan awal yang diangkat, yaitu sulitnya menemukan artikel ilmiah yang relevan dan spesifik di bidang Informatika, terbukti dapat diatasi melalui penggunaan sistem (Rahman & Forhad, 2021; Imran et al., 2021). Dengan demikian, hasil pengujian usability tidak hanya mengukur kepuasan pengguna, tetapi juga berfungsi sebagai bukti validasi bahwa sistem dapat diterima dan digunakan secara efektif oleh target pengguna (Fatmawati & Suharto, 2022).

Hasil pengujian aspek usability dilakukan untuk menilai sejauh mana sistem pencarian artikel Pendidikan Agama Islam berbasis BERT mudah digunakan, mudah dipelajari, bermanfaat, serta mampu memberikan pengalaman yang memuaskan bagi penggunanya (Ahmed & Saeed, 2023; Hamzah & Yusof, 2021). Instrumen pengujian disusun berdasarkan standar ISO 25010 dengan empat indikator utama, yaitu usefulness, ease of use, ease of learn, dan satisfaction. Responden yang terlibat dalam pengujian berjumlah 27 orang, terdiri dari 2 dosen dan 25 mahasiswa. Masing-masing responden diminta untuk memberikan penilaian terhadap 8 pernyataan dalam kuesioner yang telah dirancang menggunakan skala Likert (1 = Sangat Tidak Setuju hingga 5 = Sangat Setuju). Hasil analisis deskriptif kuantitatif menunjukkan bahwa sistem memperoleh skor rata-rata 89%, yang termasuk dalam kategori "Baik". Temuan ini mengindikasikan bahwa sistem telah memenuhi harapan pengguna dalam aspek kemudahan,

kegunaan, dan kepuasan (Saleh & Hanapi, 2022).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pencarian berbasis BERT mampu meningkatkan relevansi hasil pencarian dibandingkan dengan mesin pencari konvensional (Zhang et al., 2021; Trivedi & Raj, 2020). Dari hasil uji coba, 89% responden menilai sistem ini efektif dan mudah diakses untuk mendukung pembelajaran mereka (Souza et al., 2023). Analisis menyeluruh mengenai persepsi pengguna menunjukkan bahwa pengguna dapat menemukan artikel yang lebih relevan dengan waktu yang lebih singkat (Chen et al., 2023; Guo et al., 2024). Selain itu, grafik yang menyajikan perbandingan hasil pencarian klasik dengan sistem berbasis BERT dapat memberikan visualisasi yang lebih baik mengenai efisiensi yang dicapai (Yang et al., 2023; Shang et al., 2024). Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, seperti metode pencarian berbasis TF-IDF yang hanya mengandalkan pencocokan kata kunci (Zhang et al., 2021), sistem berbasis BERT dalam penelitian ini mampu memberikan hasil pencarian yang lebih kontekstual dan relevan. Beberapa studi NLP untuk studi Islam, misalnya Rahman & Forhad (2021) dan Imran et al. (2021), juga menyoroti kendala pencarian generik pada ranah Pendidikan Agama Islam. Perbedaan utama penelitian ini adalah fokus pengembangan sistem berbasis BERT yang secara khusus ditujukan untuk Pendidikan Agama Islam, sehingga mengisi celah yang belum banyak diteliti pada bidang ini.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pencarian artikel Pendidikan Agama Islam berbasis Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) sebagai penunjang pembelajaran dan penelitian. Fokus utama penelitian ini adalah mengevaluasi aspek usability sistem dengan melibatkan 27 responden yang terdiri dari dosen dan mahasiswa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memperoleh nilai rata-rata 89%, yang termasuk dalam kategori "Baik". Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kegunaan yang tinggi (usefulness), mudah digunakan (ease of use), mudah dipelajari (ease of learn), serta mampu memberikan kepuasan (satisfaction) bagi pengguna. Dengan demikian, sistem pencarian berbasis BERT ini mampu menunjang pembelajaran dan riset Pendidikan Agama Islam, karena tidak hanya menyajikan hasil pencarian yang lebih relevan, tetapi juga memberikan pengalaman penggunaan yang efektif, efisien, dan memuaskan. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa penerapan BERT pada sistem information retrieval dapat menjadi solusi inovatif dalam mendukung proses akademik di bidang Pendidikan Agama Islam, baik untuk mahasiswa, dosen, maupun peneliti. Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pencarian artikel berbasis BERT yang sesuai untuk Pendidikan Agama Islam. Sistem ini menawarkan solusi yang lebih baik dalam menemukan sumber informasi yang relevan, mengatasi tantangan yang dihadapi oleh pengguna dalam mencari referensi. Selain menunjukkan efektivitas sistem melalui capaian 89% dalam aspek usability, penelitian ini juga menegaskan bahwa keberhasilan tersebut sesuai dengan standar ISO 25010, yang menjadi acuan internasional dalam evaluasi kualitas perangkat lunak. Dengan demikian, hasil yang diperoleh dapat dinyatakan valid secara metodologis sekaligus relevan secara praktis, sehingga memperkuat kontribusi penelitian ini bagi pengembangan sistem pencarian artikel di bidang Pendidikan Agama Islam. Ke depan, disarankan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi aplikasi BERT di bidang lain, serta tantangan yang mungkin dihadapi ketika menerapkan model ini dalam konteks yang berbeda. Pengembang diharapkan untuk mempertimbangkan keluaran sistem ini dalam pembuatan kebijakan pendidikan dan pengembangan kurikulum yang lebih responsif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A., & Saeed, M. (2023). Implementing Natural Language Processing in Islamic Education. *Computers & Education*, 231, 104417.
- Alqahtani, S., & Kavakli-Thorne, M. (2021). Improving semantic search in digital libraries using transformer-based models. *Journal of Information Science*, 47(6), 781–795. <https://doi.org/10.1177/0165551520965521>
- Arora, R., & Kansal, V. (2023). A comprehensive survey on BERT and its variants for natural language processing. *Artificial Intelligence Review*, 56(7), 6135–6171. <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10371-8>
- Babu A, Boddu SB. (2024) BERT-Based Medical Chatbot: Enhancing Healthcare Communication through Natural Language Understanding. *Explor Res Clin Soc Pharm*.13:100419. <https://doi.org/10.1016/j.rcsop.2024.100419>
- Benali BA, Mihi S, Laachfoubi N, Mlouk AA. (2022) Arabic Named Entity Recognition in Arabic Tweets Using BERT-based Models. *Procedia Comput Sci*. 2022;203:733–8. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.109>
- Chen X, He B, Hui K, Sun L, Sun Y.(2023) Dealing with textual noise for robust and effective BERT re-ranking. *Inf Process Manag*. 2023;60(1):103135. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2022.103135>
- Choudhary, M., & Bhattacharya, S. (2022). Transformer-based semantic retrieval models: A review. *Information Processing & Management*, 59(6), 103081. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2022.103081>
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 1, 4171–4186.
- Fatmawati, E., & Suharto, U. (2022). Pemanfaatan teknologi informasi untuk peningkatan literasi digital mahasiswa Pendidikan Agama Islam. *Jurnal Pendidikan Islam Indonesia*, 7(1), 45–56. <https://doi.org/10.24252/jpii.v7i1.28913>
- Guo Y, Xie Z, Chen X, Chen H, Wang L, Du H, et al.(2024). ESIE-BERT: Enriching sub-words information explicitly with BERT for intent classification and slot filling. *Neurocomputing*. 591:127725. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.127725>
- Hamzah, A., & Yusof, A. M. (2021). Integrating Islamic education with digital technology: A systematic literature review. *Journal of Islamic Education Research*, 6(2), 120–135. <https://doi.org/10.24042/jier.v6i2.11204>
- Imran, M., Rahman, M., & Nazeer, M. (2021). Semantic search in Islamic education using NLP techniques. *Information Systems Management*, 37(1), 67–81.
- Jalal N, Mehmood A, Choi GS, Ashraf I.(2022). A novel improved random forest for text classification using feature ranking and optimal number of trees. *J King Saud Univ - Comput Inf Sci*. 34(6):2733–42. : <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2022.03.012>
- Kamran AB, Abro B, Basharat A.(2023). SemanticHadith: An ontology-driven knowledge graph for the hadith corpus. *J Web Semant*.78:100797. <https://doi.org/10.1016/j.websem.2023.100797>
- Kowsari, K., Brown, D. E., & Heidarysafa, M. (2021). Text classification algorithms: A survey. *Information*, 12(4), 150. <https://doi.org/10.3390/info12040150>

- Licari D, Comandè G.(2024) ITALIAN-LEGAL-BERT models for improving natural language processing tasks in the Italian legal domain. *Comput Law Secur Rev.* 2024;52.
- Lin D, Tang J, Li X, Pang K, Li S, Wang T.(2022) BERT-SMAP: Paying attention to Essential Terms in passage ranking beyond BERT. *Inf Process Manag.*;59(2):102788. : <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2021.102788>
- Liu, Q., Chen, Y., & Xu, J. (2023). User-centered evaluation of semantic search engines. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(10), 1921–1936. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2075125>
- Ni'mah, A.T; Arifin A.Z.(2020). Perbandingan Metode Term Weighting terhadap Hasil Klasifikasi Teks pada Dataset Terjemahan Kitab Hadis. *Rekayasa J Sci Technol.*13(2):172–80. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i2.6412>
- Oktaviani, A. (2023). Trends in Islamic Education Publications: An Analysis from Scopus. *International Journal of Islamic Studies*, 15(2), 45-60.
- Qiu Y, Jin Y. (2024). ChatGPT and finetuned BERT: A comparative study for developing intelligent design support systems. *Intell Syst with Appl.* 2:200308. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200308>
- Rahman, M. M., & Forhad, S. M. (2021). Challenges of retrieving Islamic scholarly articles: A user-centered search interface. *Journal of Islamic Librarianship and Information Science*, 8(1), 20-35.
- Saleh, M., & Hanapi, M. (2022). Digital transformation in Islamic higher education: Opportunities and challenges. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17(12), 92–108. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i12.32645>
- Sazali SS, Rahman NA, Bakar ZA. (2022). Characteristics of Malay translated hadith corpus. *J King Saud Univ - Comput Inf Sci.* 34(5). <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.07.011>
- Shang A, Zhu X, Danner M, Räscht M. (2023). Unsupervised question-retrieval approach based on topic keywords filtering and multi-task learning. *Comput Speech Lang.* 87. 101644. : <https://doi.org/10.1016/j.csl.2024.101644>
- Souza FC, Nogueira RF, Lotufo RA. (2023). BERT models for Brazilian Portuguese: Pretraining, evaluation and tokenization analysis. *Appl Soft Comput.*149(September).
- Trivedi, H., & Raj, S. (2020). Comparison of neural IR and traditional IR approaches in academic search. *Proceedings of the 43rd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 2101–2104. <https://doi.org/10.1145/3397271.3401464>
- Wang FH. (2017). Computers & Education An exploration of online behaviour engagement and achievement in flipped classroom supported by learning management system. *Comput Educ.* 114:79–91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2017.06.012>
- Wang, Y., Ma, H., & Li, Z. (2023). Evaluating deep learning models for information retrieval: A usability perspective. *ACM Transactions on Information Systems*, 41(2), 1–28. <https://doi.org/10.1145/3528417>
- Yang J, Yang X, Li R, Luo M, Jiang S, Zhang Y, et al. (2023). BERT and hierarchical cross attention-based question answering over bridge inspection knowledge graph. *Expert Syst Appl.* 233:120896. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120896>
- Zhang, Y., Liu, Y., & Wang, F. (2021). A comparative study of BERT and traditional methods in text classification. *Journal of Machine Learning Research*, 22(155), 1-22.