

**EVOLUSI ARSITEKTUR DEEP LEARNING DALAM PENGEMBANGAN
CHATBOT: ANALISIS KOMPARATIF RNN, LSTM, DAN TRANSFORMER
UNTUK INTERAKSI NATURAL DAN KONTEKSTUAL**

Nabil Afsar Riswanda¹, Wahyu Nur Hakim², Fatahillah Firzalay³

Sistem Informasi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email: 24082010048@student.upnjatim.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan Natural Language Processing (NLP) telah mendorong evolusi signifikan dalam sistem chatbot dari pendekatan berbasis aturan menuju arsitektur deep learning yang lebih adaptif. Penelitian ini menganalisis evolusi arsitektur deep learning dalam pengembangan chatbot melalui systematic literature review terhadap 100 publikasi periode 2020-2025 menggunakan metode Grounded Theory Literature Review. Analisis komparatif menunjukkan pergeseran paradigma dari model sekuensial (RNN dan LSTM) menuju arsitektur berbasis attention mechanism (Transformer). Hasil penelitian mengidentifikasi bahwa Transformer dan variannya (BERT, GPT, T5) mendominasi publikasi terkini (N=12) dengan performa superior dalam pemahaman konteks dan generasi respons natural, sebagaimana ditunjukkan oleh pencapaian BLEU score 85.0 pada sistem tanya-jawab. Meskipun demikian, LSTM masih relevan untuk aplikasi dengan resource terbatas, dataset kecil, dan persyaratan latency ketat, dengan akurasi mencapai 96-99% pada domain spesifik. Studi ini mengungkapkan bahwa pemilihan arsitektur harus disesuaikan dengan konteks aplikasi, ketersediaan data, dan sumber daya komputasi, dengan mempertimbangkan trade-off antara kompleksitas model dan kebutuhan implementasi praktis. Temuan ini memberikan panduan komprehensif bagi praktisi dalam memilih arsitektur optimal untuk pengembangan chatbot yang natural dan kontekstual.

Kata Kunci: Deep Learning, Chatbot, Natural Language Processing, RNN, LSTM, Transformer

Abstrack

Advances in Artificial Intelligence (AI) and Natural Language Processing (NLP) technologies have driven significant evolution in chatbot systems from rule-based approaches to more adaptive deep learning architectures. This study analyzes the evolution of deep learning architectures in chatbot development through a systematic literature review of 100 publications from 2020 to 2025 using the Grounded Theory Literature Review method. Comparative analysis shows a paradigm shift from sequential models (RNN and LSTM) to attention mechanism-based architectures (Transformer). The results of the study identify that Transformers and their variants (BERT, GPT, T5) dominate recent publications (N=12) with superior performance in context understanding and natural response generation, as demonstrated by a BLEU score of 85.0 in question-answering systems. However, LSTM is still relevant for applications with limited resources, small datasets, and strict latency requirements, with accuracy reaching 96-99% in specific domains. This study reveals that the

choice of architecture must be tailored to the application context, data availability, and computational resources, considering the trade-off between model complexity and practical implementation needs. These findings provide comprehensive guidance for practitioners in selecting the optimal architecture for developing natural and contextual chatbots.

Keywords: Deep Learning, Chatbot, Natural Language Processing, RNN, LSTM, Transformer

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan Natural Language Processing (NLP) telah mendorong kemajuan signifikan dalam sistem percakapan otomatis atau (Kusal et al., 2022), (Zhang, Lau, David Xu, Rao, & Li, 2024). Chatbot kini telah diterapkan secara luas dalam berbagai domain, mulai dari layanan pelanggan, pendidikan, kesehatan, hingga asisten virtual (Daswani, Desai, Patel, Vani, & Eirinaki, 2020), (Rapp, Curti, & Boldi, 2021), (Assayed, Alkhatib, & Shaalan, 2024). Pada tahap awal, chatbot berbasis aturan (rule-based system) hanya mampu memberikan respons terbatas berdasarkan pola yang telah ditentukan sebelumnya (Nsaif, Salih, Saleh, & Al-Nuaim, 2024). Keterbatasan ini mendorong munculnya pendekatan berbasis deep learning yang lebih adaptif dan mampu belajar dari data percakapan (Bataneh, Abu-ALSondos, Almazaydeh, El Mokdad, & Allahham, 2024), (Abo Aisha & Bani Jamei, 2025).

Pendekatan deep learning telah membawa transformasi fundamental dalam kemampuan chatbot memahami dan menghasilkan bahasa alami. Arsitektur Recurrent Neural Network (RNN) menjadi salah satu model pertama yang digunakan untuk memproses data sekuensial dengan menangkap hubungan temporal antar kata. Untuk mengatasi keterbatasan RNN dalam mempertahankan konteks jangka panjang, dikembangkan Long Short-Term Memory (LSTM) yang menunjukkan stabilitas lebih baik dalam menjaga informasi kontekstual.

Perkembangan selanjutnya ditandai dengan kemunculan arsitektur Transformer yang memperkenalkan mekanisme self-attention (Shu, Gao, Yang, Li, & Wu, 2022) (Ali, 2025). Berbeda dengan arsitektur sekuensial, Transformer memproses seluruh urutan kata secara paralel dan menangkap hubungan kontekstual secara lebih komprehensif (Joshi & Gupta, 2022), (Esfandiari, Kiani, & Rastgoo, 2025). Arsitektur ini kemudian berevolusi menjadi berbagai model turunan seperti BERT yang fokus pada pemahaman konteks bidirectional (Prottasha et al., 2022), (Fatonah, Maylawati, & Nurlatifah, 2024), GPT yang unggul dalam generasi respons natural (Ahmed, Khan, & Munir, 2024), (Shah & Kavathiya, 2024), dan T5 yang menggunakan pendekatan text-to-text untuk fleksibilitas lebih tinggi (Singla, 2020),

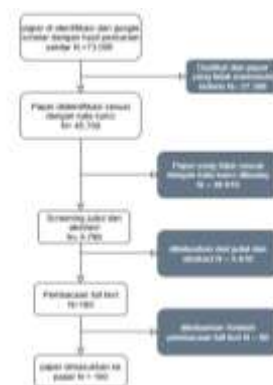
(Elhamayed & Nour, 2025).

Evolusi dari arsitektur sekuensial menuju arsitektur berbasis attention mechanism mencerminkan pergeseran paradigma dalam cara sistem chatbot memproses dan memahami bahasa natural. Oleh karena itu, studi literatur ini bertujuan untuk menganalisis evolusi arsitektur deep learning dalam pengembangan chatbot, dari model sekuensial generasi awal hingga model berbasis Transformer modern, serta mengidentifikasi karakteristik dari masing-masing generasi arsitektur untuk memberikan pemahaman komprehensif mengenai perkembangan teknologi chatbot.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Grounded Theory Literature Review untuk mengidentifikasi tema-tema terkait pengembangan chatbot yang natural dan kontekstual berbasis model CNN, RNN, LSTM, dan Transformer. Pendekatan ini bersifat induktif, berfokus pada analisis konten literatur untuk membangun tema dan model teoretis melalui proses pengkodean terbuka, aksial, dan selektif. Grounded Theory dipilih karena kemampuannya menganalisis data dalam jumlah besar secara sistematis dan meningkatkan ketelitian dalam proses pencarian, seleksi, serta analisis studi yang direview.

Metode ini mencakup empat tahap utama, yaitu definisi kriteria, pencarian literatur, seleksi artikel, dan analisis data. Kriteria inklusi meliputi artikel tentang chatbot berbasis teks dengan pendekatan deep learning, memiliki evaluasi teknis atau pengguna, menekankan hubungan interaksi pengguna dan kinerja model, berasal dari publikasi bereputasi, serta diterbitkan pada periode 2000–2025 dengan minimal 100 artikel rujukan. Kriteria eksklusi mencakup artikel yang tidak membahas model CNN, RNN, LSTM, atau Transformer secara eksplisit atau tidak menjelaskan metodologi penelitian secara memadai.



Gambar 1: Tahapan Seleksi Artikel

Strategi pencarian dilakukan secara iteratif menggunakan kombinasi kata kunci terkait chatbot, NLP, dan deep learning untuk memastikan relevansi dan cakupan literatur. Seleksi artikel dilakukan melalui penyaringan judul dan abstrak, kemudian dianalisis secara menyeluruh menggunakan prinsip Grounded Theory. Proses analisis difokuskan pada identifikasi tema-tema utama yang mendukung perbandingan efektivitas model deep learning dalam menghasilkan interaksi chatbot yang lebih alami dan kontekstual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Paper berdasarkan Tahun

Tabel 1. Hasil Paper berdasarkan Tahun

Tahun	Referensi	Total Paper
2020	(College of Software China, Li, Zhong, Zhang, & Zhang, 2020)(Ayanouz, Abdelhakim, & Benhmed, 2020)(Daswani et al., 2020)(Singla, 2020)(Iosifova, Iosifov, Rolik, & Sokolov, 2020)	5
2021	(Gong & Xiao, 2021)(Dhyani & Kumar, 2021)(‘Building a chatbot for the enterprise using transformer models and self-attention mechanisms’, 2021)[9](Tiwari, Verma, Sharma, Jain, & Nagrath, 2021)(Mathew, V., & Paulose, 2021)(Khan & Meenai, 2021)(Rapp et al., 2021)(Masum, Abujar, Akter, Ria, & Hossain, 2021)(Soufyane, Abdelhakim, & Ahmed, 2021)	10
2022	(Nallamani, 2022) (Dagkoulis & Moussiades, 2022)(Hsu & Yu, 2022)(Selvam et al., 2022)(Kusal et al., 2022)(Alruily, 2022)(Fatharani, Kania, Hutahaeen, & Wulan, 2022)(Shu et al., 2022)(Suman & Kumar, 2022)(Pandey, Sharma, & Wazir, 2022)(Joshi & Gupta, 2022)(Prattasha et al., 2022)	12
2023	(Esfandiari, Kiani, & Rastgoo, 2023)(Aburass, Dorgham, & Rumman, 2023)(Gupta, Joshi, Jain, & Garg, 2023)(Alruqi & Alzahrani, 2023)(Langgeng, 2023)(Belser, 2023) (‘11. UNIKOM_Farhan Fathur Ramadhan_BAB II’, n.d.)	7
2024	(Kushwaha & Kar, 2024)(Ahmed et al., 2024)(Guna Mandhasiya, Murfi, & Bustamam, 2024)(Perumal, Mustapha, Mohamed, & Shiri, 2024)(Mienye & Swart, 2024)(Piizzi, Vavallo, Lazzo, Dimola, & Zazzera, 2024)(K. Negied et al., 2024)(Bal, Jash, & Mandal, 2024)(Zhang et al., 2024)(Fatonah et al., 2024)(Benaddi, Ouaddi, Souha, Jakimi, & Ouchao, 2024)(Nimma et al., 2024)(Al-Qahtani, Al-Baltah, & Ghaleb, 2024)(Mughal, Mujtaba, Shaikh, Kumar, & Daudpota, 2024)(Dodia, Sonawane, Kasle, Kamble, & Vishwakarma, 2024)(Chou, Chong, & Liu, 2024) (Debray, Saha, Mishra, Sobti, & Khanna, 2024)(Bataineh et al., 2024)(Kumaraguru Diderot et al., 2024)(Raharjo & Subhiyakto, 2024) (Katake & Sugandhi, 2024) (Reda, 2024)(Anggraini, Tursina, & Sarno, 2024)(Praneeth et al., 2024)(Sanjaya	47

Tahun	Referensi	Total Paper
	& Winarno, 2024)(Tri Khaqiqi & Harani, 2024)(Muftie, Yafi, & Addina, 2024)(Sohofi, Lesani, & Jamalou, 2024)(Behl & Bibhu, 2024) (Patil, Sinkar, Ruke, Kulkarni, & Kadam, 2024)(Kumar, Natalia, Sudirman, & Al-Jumeily, 2024)(Dharrao & Gite, 2024)(Shah & Kavathiya, 2024) (Shafique, Mumtaz, Zubair Ahmad, & Iqbal, n.d.)(Assayed et al., 2024)(Fiddin, Komarudin, & Melina, 2024)(Nsaif et al., 2024)(Darmawan & Arifudin, 2024)(E. Prasetyo & Sudiati, 2024)(Rizvi & Shende, 2024)(Rianto & Furqon, 2024)(‘Hafizh - Pengembangan Chatbot Berbasis Jaringan Saraf Transformer Untuk Layanan Informasi Akademik Dan Keuang’, n.d.)(‘RAMA_55101_09012682125012_0001108401_0222058001_fron t_ref’, n.d.)(Sabrina, Zulfa, Saputro, & Sabilla, 2024)(Basak, Srijith, & Desarkar, 2024)(Owero-ozeze, Cashmore, & Okorie, 2024) (Pujiono, Vitianingsih, Kacung, Lidya Maukar, & Fitri Ana Wati, 2024)	
2025	(Ali, 2025) (Winarko & Suryanti, 2025)(Dave & Bhatt, 2025)(Mukti & Salam, 2025)(Hastuti, Ahlun Ansar, Hermawan, & Pendidikan, n.d.) (Singh, Rana, Kumar, & Mohan, 2025)(Esfandiari et al., 2025)(Af’idah & Handayani, 2025)(Verma et al., 2025)(Asalkar, Lal, & Korade, 2025)(Abo Aisha & Bani Jamei, 2025)(Gowthami et al., 2025)(Bansal, Gupta, Gupta, & Garg, 2025)(Michels et al., 2025)(Elhamayed & Nour, 2025)(Umam, Wijayanti, & Chamid, 2025)(Rokhayadi et al., 2025)(Sonkar & Kumar, 2025)(D. W. Prasetyo & Juniawan, 2025)(Gunarathne, Mahmood, & Latva-aho, 2025)(Wahyuni, Suryanto, & Arviani, 2025)(Pornama et al., 2025)	22

Berdasarkan hasil analisis literatur yang ditampilkan pada grafik jumlah publikasi per tahun, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar penelitian, yaitu sekitar 43% dari total 103 paper yang dipakai, diterbitkan pada tahun 2024. Hal ini menunjukkan bahwa topik mengenai chatbot berbasis deep learning menjadi pembahasan yang sangat ramai dibicarakan. Selanjutnya, tahun 2025 menempati posisi kedua dengan 22 publikasi atau sekitar 20% dari total literatur yang dianalisis. Temuan ini menunjukkan bahwa dalam dua tahun terakhir, pembahasan dan pengembangan teknologi chatbot berbasis deep learning mengalami peningkatan signifikan serta menjadi topik yang sangat relevan dan menarik perhatian komunitas riset.

Tabel 2. Hasil Paper Berdsarkan Model *Deep Learning*

Model	Referensi	Total Paper
CNN	(Dodia et al., 2024) (Gong & Xiao, 2021) (Bal et al., 2024) (Angraini et al., 2024) (Patil et al., 2024)	5
RNN	(Dhyani & Kumar, 2021) (Rizvi & Shende, 2024) (Khan & Meenai, 2021) (Zhang et al., 2024) (Darmawan & Arifudin, 2024)	5

Model	Referensi	Total Paper
LSTM	(College of Software China et al., 2020) (Mukti & Salam, 2025) (Rokhayadi et al., 2025) (Fiddin et al., 2024) (Langgeng, 2023)(Guna Mandhasiya et al., 2024) (Raharjo & Subhiyakto, 2024) (Tri Khaqiqi & Harani, 2024) (Debray et al., 2024) (Michels et al., 2025)	10
Transformer	(Masum et al., 2021) (Alruqi & Alzahrani, 2023) (Muftie et al., 2024) ('Building a chatbot for the enterprise using transformer models and self-attention mechanisms', 2021) (Esfandiari et al., 2023) ('RAMA_55101_09012682125012_0001108401_0222058001_front_ref', n.d.) (Winarko & Suryanti, 2025) (Singla, 2020) (Kumar et al., 2024) (Prottasha et al., 2022) (Selvam et al., 2022) (Basak et al., 2024)	12
BERT	(Fatonah et al., 2024) (Umam et al., 2025) (D. W. Prasetyo & Juniawan, 2025) (Piizzi et al., 2024) (Elhamayed & Nour, 2025) (Fatharani et al., 2022)	6
BILSTM	(Rianto & Furqon, 2024)	1
Tidak Teridentifikasi	(Perumal et al., 2024) (Joshi & Gupta, 2022) (Kumaraguru Diderot et al., 2024) (Kusal et al., 2022) (Behl & Bibhu, 2024) (Bataineh et al., 2024) (Ahmed et al., 2024) (Katake & Sugandhi, 2024) (Shah & Kavathiya, 2024) (Daswani et al., 2020) (Dave & Bhatt, 2025) (Sohofi et al., 2024) (Mathew et al., 2021) (Ayanouz et al., 2020) (Pandey et al., 2022) (Chou et al., 2024) (K. Negied et al., 2024) (Suman & Kumar, 2022) (Gupta et al., 2023)(Ahmed et al., 2024) (Hsu & Yu, 2022) (Tiwari et al., 2021) (Soufyane et al., 2021) (Dharrao & Gite, 2024) (Sanjaya & Winarno, 2024) (Af'idah & Handayani, 2025) (Zhang et al., 2024) (Mienye & Swart, 2024) (Rapp et al., 2021) ('11. UNIKOM_Farhan Fathur Ramadhan_BAB II', n.d.) (Guna Mandhasiya et al., 2024)(Belser, 2023) (Reda, 2024) (Esfandiari et al., 2025) (Asalkar et al., 2025) (Iosifova et al., 2020) (Nsaif et al., 2024) (Mughal et al., 2024) (Benaddi et al., 2024) (Gunarathne et al., 2025) (Alruily, 2022) (Kushwaha & Kar, 2024) (Assayed et al., 2024) (Owero-ozeze et al., 2024) (Abo Aisha & Bani Jamei, 2025) (Gowthami et al., 2025) (Bansal et al., 2025) (Nallamani, 2022) (Gunarathne et al., 2025) (Wahyuni et al., 2025) (Pujiono et al., 2024) (Pornama et al., 2025)	46
Hybrid Models	(Kushwaha & Kar, 2024; Nguyen & Shcherbakov, 2021) (Guna Mandhasiya et al., 2024) (Sonkar & Kumar, 2025) (Aburass et al., 2023) (E. Prasetyo & Sudiati, 2024) (Sabrina et al., 2024) (Nimma et al., 2024) (Praneeth et al., 2024)	8
Comprative studies	(Dagkoulis & Moussiades, 2022) (Al-Qahtani et al., 2024) (Verma et al., 2025) (Hastuti et al., n.d.) (Shafique et al., n.d.) ('Hafizh - Pengembangan Chatbot Berbasis Jaringan Saraf Transformer Untuk Layanan Informasi Akademik Dan Keuang', n.d.) (Rizvi & Shende, 2024) (Shu et al., 2022) (Singh et al., 2025) (Ali, 2025)	10

Analisis terhadap korpus 103 paper menunjukkan bahwa penelitian *chatbot* berbasis *deep learning* telah bergeser secara signifikan mengikuti perkembangan teknologi NLP. Model *Transformer* muncul sebagai arsitektur yang paling dominan dengan N=12 paper yang membahasnya, menegaskan statusnya sebagai teknologi *state-of-the-art* dalam pemrosesan bahasa alami. Dominasi ini mencerminkan lonjakan minat terhadap model berbasis *attention mechanism* yang mampu memproses konteks secara lebih efisien. Meskipun demikian, model sekuensial tradisional seperti LSTM masih memiliki peran signifikan dengan N=9 paper, menunjukkan relevansinya dalam tugas pemodelan sekuensial tertentu. Selain model tunggal, terdapat fokus yang kuat pada Model Hibrida (N=8 paper), dimana peneliti menggabungkan arsitektur untuk mengoptimalkan kinerja. Sementara itu, adanya Studi Komparatif (N=8 paper) yang signifikan menunjukkan kebutuhan komunitas riset untuk terus membandingkan dan mem-*benchmark* efektivitas berbagai model. Arsitektur lain seperti CNN (N=5), RNN (N=5), dan model *pre-trained* seperti BERT (N=6) juga digunakan, sementara BiLSTM (N=1) menjadi yang paling jarang dibahas secara spesifik. Penting untuk dicatat bahwa N=38 paper diklasifikasikan sebagai Tidak Teridentifikasi karena paper-paper ini tidak membahas secara eksplisit atau merinci arsitektur model *deep learning* yang digunakan, sehingga fokus utamanya kemungkinan pada aplikasi, evaluasi pengguna, atau aspek metodologi lainnya, bukan pada inovasi model itu sendiri. Perpindahan fokus dari model sekuensial ke arsitektur Transformer ini merupakan tren kunci dalam literatur terkini yang Anda tinjau.

Tabel 3. Hasil Paper Berdasarkan Tujuan Penggunaan Chatbot

Tujuan Penggunaan Chatbot	Referensi	Total Paper
Asisten Pencarian Informasi	(Daswani Et Al., 2020) ('Building A Chatbot For The Enterprise Using Transformer Models And Self-Attention Mechanisms', 2021) (Tiwari Et Al., 2021) (Masum Et Al., 2021) (Suman & Kumar, 2022) (Ahmed Et Al., 2024)(Alruqi & Alzahrani, 2023) (Langgeng, 2023)(Guna Mandhasiya Et Al., 2024) (Piizzi Et Al., 2024) (Chou Et Al., 2024) (Anggraini Et Al., 2024) (Sanjaya & Winarno, 2024) (Patil Et Al., 2024) (Kumar Et Al., 2024) (Fiddin Et Al., 2024) (E. Prasetyo & Sudiati, 2024) (Rianto & Furqon, 2024) ('Hafizh - Pengembangan Chatbot Berbasis Jaringan Saraf Transformer Untuk Layanan Informasi Akademik Dan Keuang', N.D.) (Sabrina Et Al., 2024) (Af'idah & Handayani, 2025) (Umam Et Al., 2025) (D. W. Prasetyo & Juniawan, 2025)	22
Kesehatan	(College Of Software China Et Al., 2020) (Ayanouz Et Al., 2020) (Gong & Xiao, 2021) (Soufyane Et Al., 2021) (Hsu & Yu, 2022) (Pandey Et Al., 2022) (Gupta Et Al., 2023)(Ahmed	14

Tujuan Penggunaan Chatbot	Referensi	Total Paper
	Et Al., 2024) (Guna Mandhasiya Et Al., 2024)(Belser, 2023) (Debray Et Al., 2024) (Sohofi Et Al., 2024) (Dharrao & Gite, 2024) (Winarko & Suryanti, 2025) (Gowthami Et Al., 2025)	
Pendidikan	(Mathew Et Al., 2021) (K. Negied Et Al., 2024) (Fatonah Et Al., 2024) [55] [69]	5
Layanan Pelanggan	(Raharjo & Subhiyakto, 2024) (Praneeth Et Al., 2024) (Mukti & Salam, 2025) (Rokhayadi Et Al., 2025)	4
E-Commerce	(Kushwaha & Kar, 2024)	1
Analisis Umum / Perbandingan Teknik / Tinjauan Pustaka	(Singla, 2020) (Iosifova Et Al., 2020) (Dhyani & Kumar, 2021) [9] [13] [14] [18](Kusal Et Al., 2022) (Alruily, 2022) (Fatharani Et Al., 2022) (Shu Et Al., 2022) (Joshi & Gupta, 2022) (Prottasha Et Al., 2022) (Esfandiari Et Al., 2023) (Aburass Et Al., 2023) (Ahmed Et Al., 2024) (Guna Mandhasiya Et Al., 2024) (Perumal Et Al., 2024) (Mienye & Swart, 2024) (Zhang Et Al., 2024) (Nimma Et Al., 2024) (Al-Qahtani Et Al., 2024) (Mughal Et Al., 2024) (Dodia Et Al., 2024) (Bataineh Et Al., 2024) (Kumaraguru Diderot Et Al., 2024) (Reda, 2024) (Tri Khaqiqi & Harani, 2024) (Muftie Et Al., 2024) (Behl & Bibhu, 2024) (Shah & Kavathiya, 2024) (Nsaif Et Al., 2024) (Darmawan & Arifudin, 2024) (Rizvi & Shende, 2024) (Owero-Ozeze Et Al., 2024) (Ali, 2025) (Dave & Bhatt, 2025) (Esfandiari Et Al., 2025) (Verma Et Al., 2025) (Asalkar Et Al., 2025) (Abo Aisha & Bani Jamei, 2025) (Elhamayed & Nour, 2025)	43
Tidak Teridentifikasi	(Nallamani, 2022) (Selvam et al., 2022) ('11. UNIKOM Farhan Fathur Ramadhan BAB II', n.d.) ('RAMA_55101_09012682125012_0001108401_0222058001_front_ref', n.d.) (Basak et al., 2024) (Hastuti et al., n.d.) (Singh et al., 2025) (Bansal et al., 2025) (Michels et al., 2025) (Sonkar & Kumar, 2025) (Gunarathne et al., 2025) (Wahyuni et al., 2025) [102] (Pujiono et al., 2024)	14

Tabel pada gambar tersebut menyajikan klasifikasi jumlah penelitian berdasarkan tujuan atau domain penggunaan chatbot. Terlihat bahwa kategori 'Analisis Umum / Perbandingan Teknik / Tinjauan Pustaka' sangat mendominasi dengan total 43 paper, yang mencakup berbagai referensi dari [4] hingga [95]. Disisi lain, untuk kategori aplikasi praktis, 'Asisten Pencarian Informasi' menjadi bidang yang paling banyak diteliti dengan 22 paper, diikuti oleh bidang 'Kesehatan' dengan 14 paper. Kategori lain seperti 'Pendidikan' dan 'Layanan Pelanggan' memiliki jumlah yang lebih terbatas.

Tabel 4. Hasil Paper Berdasarkan Matrik Evaluasi

Kategori	Matrik Evaluasi	Referensi	Total Paper
Klasifikasi & Deteksi	Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, Confusion Matrix, Intent Recognition Accuracy	(College Of Software China Et Al., 2020) [9] (Mathew Et Al., 2021) (Khan & Meenai, 2021) (Fatharani Et Al., 2022) (Gupta Et Al., 2023) (Fatonah Et Al., 2024) (Kumaraguru Diderot Et Al., 2024) (Angraini Et Al., 2024) (Tri Khaqiqi & Harani, 2024) (Patil Et Al., 2024) (Dharrao & Gite, 2024) (E. Prasetyo & Sudiati, 2024) (Rianto & Furqon, 2024) (Sabrina Et Al., 2024) (Umam Et Al., 2025) (D. W. Prasetyo & Juniawan, 2025) (Verma Et Al., 2025)	18
Generatif & Bahasa	BLEU, ROUGE, Cosine Similarity, Semantic Similarity	(Alruqi & Alzahrani, 2023) (Asalkar Et Al., 2025) [94]	3
Optimisasi & Pembelajaran	Loss, Cross-Entropy, MAE, MSE, RMSE, Training Error	(Langgeng, 2023) (Chou Et Al., 2024) (Debray Et Al., 2024) (Raharjo & Subhiyakto, 2024) (Fiddin Et Al., 2024) (Singh Et Al., 2025) (Rokhayadi Et Al., 2025)	7
Pengalaman Pengguna & Sistem	Response Time, User Satisfaction Score, Conversational Quality, Platform Performance	(Kushwaha & Kar, 2024) (Rapp Et Al., 2021) (Dagkoulis & Moussiades, 2022) (Kusal Et Al., 2022) (Zhang Et Al., 2024) (Benaddi Et Al., 2024) (Bataineh Et Al., 2024) (Katake & Sugandhi, 2024) (Assayed Et Al., 2024) (Nsaif Et Al., 2024) (Sanjaya & Winarno, 2024)	11
Mix Matrik Evaluasi	Kombinasi 2+ kategori metrik (Klasifikasi+Optimisasi, Klasifikasi+Generatif, dll)	(Dhyani & Kumar, 2021) (Masum Et Al., 2021) (Hsu & Yu, 2022) (Suman & Kumar, 2022) (Pandey Et Al., 2022) (Sohofi Et Al., 2024) (Darmawan & Arifudin, 2024) (Mukti & Salam, 2025) (Winarko & Suryanti, 2025) (Esfandiari Et Al., 2025) (Tiwari Et Al., 2021) (Soufyane Et Al., 2021) (Alruily, 2022) (K. Negied Et Al., 2024) (Al-Qahtani Et Al., 2024) (Praneeth Et Al., 2024) (Prottasha Et Al., 2022) (Guna Mandhasiya Et Al., 2024) [48] (Muftie Et Al., 2024) (Gowthami Et Al., 2025) (Esfandiari Et Al., 2023) (Ahmed Et Al., 2024) (Aburass Et Al., 2023)	25
Perbandingan &	Comparative	(Singla, 2020) (Iosifova Et Al., 2020) (Shu Et	17

Analisis	Study tanpa metrik spesifik	Al., 2022) (Joshi & Gupta, 2022) (Belser, 2023) (Perumal Et Al., 2024) (Mienye & Swart, 2024) (Nimma Et Al., 2024) (Dodia Et Al., 2024) (Reda, 2024) (Behl & Bibhu, 2024) (Shafique Et Al., N.D.) (Rizvi & Shende, 2024) (Owero-Ozeze Et Al., 2024) (Ali, 2025) (Abo Aisha & Bani Jamei, 2025) (Bansal Et Al., 2025)	
Tidak Teridentifikasi	Tidak ada matrik evaluasi yang jelas	(Ayanouz Et Al., 2020) (Daswani Et Al., 2020) (Gong & Xiao, 2021)('Building A Chatbot For The Enterprise Using Transformer Models And Self-Attention Mechanisms', 2021) (Nallamani, 2022) (Selvam Et Al., 2022) ('11. UNIKOM_Farhan Fathur Ramadhan_BAB II', N.D.) (Piizzi Et Al., 2024) (Bal Et Al., 2024) (Kumar Et Al., 2024) (Shah & Kavathiya, 2024) ('Hafizh - Pengembangan Chatbot Berbasis Jaringan Saraf Transformer Untuk Layanan Informasi Akademik Dan Keuang', N.D.) ('RAMA_55101_09012682125012_0001108_401_0222058001_Front_Ref', N.D.) (Basak Et Al., 2024) (Dave & Bhatt, 2025) (Hastuti Et Al., N.D.) (Elhamayed & Nour, 2025) (Sonkar & Kumar, 2025) (Gunarathne Et Al., 2025) (Wahyuni Et Al., 2025) (Pornama Et Al., 2025) (Pujiono Et Al., 2024)	22

Analisis terhadap 103 paper menunjukkan keragaman matriks evaluasi yang digunakan, yang mencerminkan upaya peneliti untuk melakukan penilaian secara holistik pada *chatbot* berbasis *deep learning*. Kategori Mix Matrik Evaluasi mendominasi dengan N=27 paper (27%), menggarisbawahi tren penting bahwa sebagian besar penelitian menggunakan kombinasi dua atau lebih jenis metrik dari kategori yang berbeda untuk menyeimbangkan penilaian teknis dan fungsional.

Evaluasi teknis inti didistribusikan pada beberapa kategori. Sebanyak 17 paper (17%) secara murni berfokus pada Klasifikasi & Deteksi, menggunakan metrik akurasi tradisional seperti Accuracy, Precision, Recall, dan F1-Score untuk mengukur kemampuan *chatbot* dalam mengenali *intent*. Sementara itu, Optimisasi & Pembelajaran (N=7) mengevaluasi proses pelatihan model dengan metrik seperti Loss dan RMSE. Matriks Generatif & Bahasa hanya menyumbang N=3 paper (3%), menggunakan metrik seperti BLEU dan ROUGE, yang menunjukkan bahwa penelitian yang berfokus secara murni pada aspek generasi teks *open*

domain masih kurang umum dibandingkan tugas klasifikasi.

Selain metrik teknis, aspek perbandingan dan kualitas pengguna mendapat perhatian signifikan. Sebanyak 18 paper (18%) diklasifikasikan sebagai Perbandingan & Analisis Komparatif, di mana fokus utama adalah membandingkan kinerja antar model, meskipun tanpa menguraikan metrik spesifik secara mendalam. Selain itu, Pengalaman Pengguna & Sistem (N=10) menekankan pada faktor non-teknis melalui metrik seperti User Satisfaction Score dan Response Time, menegaskan bahwa keberhasilan *chatbot* sangat bergantung pada kualitas interaksi pengguna akhir.

Terakhir, perlu dicatat bahwa 19 paper (19%) diklasifikasikan sebagai Tidak Teridentifikasi karena tidak mencantumkan matriks evaluasi kuantitatif yang jelas. Hal ini sering terjadi pada *paper* yang berjenis tinjauan (review), *survey*, atau yang fokus pada proposal arsitektur tanpa evaluasi implementasi. Secara keseluruhan, tren ini memperlihatkan pergeseran yang kuat menuju evaluasi komprehensif yang diwujudkan melalui Mix Matrik Evaluasi, yang menyeimbangkan kinerja *deep learning* dengan kualitas interaksi dan perbandingan model.

Diskusi

Studi literatur ini membahas metodologi dan temuan dari eksperimen yang membandingkan berbagai arsitektur pengembangan chatbot, khususnya RNN, LSTM, dan Transformer, dalam menghasilkan interaksi yang natural dan kontekstual. Penelitian yang diterbitkan setelah tahun 2018 menunjukkan percepatan perkembangan teknologi deep learning, terutama dengan meningkatnya popularitas model berbasis Transformer seperti BERT. Hal ini mencerminkan peningkatan perhatian akademik dan industri terhadap pengembangan chatbot yang mampu mempertahankan konteks percakapan dan menghasilkan interaksi menyerupai percakapan manusia.

Tinjauan literatur ini menyoroti pergeseran paradigma dari model deep learning generasi awal (RNN dan LSTM) menuju model berbasis Transformer dalam pengembangan chatbot. Transisi dari arsitektur sekuensial menuju arsitektur berbasis attention mechanism telah memberikan perubahan signifikan dalam cara chatbot memahami konteks, menghasilkan respons, dan belajar dari data percakapan.

Evolusi Arsitektur: Dari Sequential Processing ke Attention Mechanism

Model RNN dibangun berdasarkan prinsip sequential processing, di mana data diproses secara berurutan dari awal hingga akhir, (Dhyani & Kumar, 2021) (Langgeng, 2023), (Darmawan & Arifudin, 2024), (E. Prasetyo & Sudiati, 2024). Pendekatan ini efektif

untuk menangkap hubungan temporal jangka pendek, menjadikannya cocok untuk tugas-tugas yang memerlukan respons singkat tanpa memerlukan konteks panjang (Mukti & Salam, 2025). Namun, arsitektur sederhana RNN menghadapi keterbatasan fundamental: kesulitan dalam mempertahankan konteks percakapan yang panjang dan proses pelatihan yang lambat (Mienye & Swart, 2024), (Ali, 2025), (Mukti & Salam, 2025).

LSTM dikembangkan sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan RNN dalam mempertahankan konteks jangka panjang. Model ini lebih stabil dibandingkan RNN dan menunjukkan kemampuan lebih baik dalam menjaga informasi kontekstual (Darmawan & Arifudin, 2024), (Mukti & Salam, 2025). Implementasi LSTM dalam berbagai domain menunjukkan hasil yang menjanjikan, seperti chatbot layanan pelanggan yang mencapai akurasi 99% dengan validation accuracy 96% setelah pelatihan 200 epoch (Raharjo & Subhiyakto, 2024), serta aplikasi pendidikan yang mencapai akurasi 77% dengan pendekatan hybrid RNN-LSTM dan Decision Tree (Darmawan & Arifudin, 2024).

Meskipun demikian, LSTM masih memiliki keterbatasan inherent. Model ini tetap kesulitan memproses konteks yang sangat panjang dan kurang efisien dalam pelatihan dataset berskala besar (Ahmed et al., 2024), (Zhang et al., 2024), (Mukti & Salam, 2025). Permasalahan ini sering menyebabkan chatbot berbasis LSTM menghasilkan respons yang terputus atau kurang konsisten ketika menghadapi percakapan multi-topik yang kompleks.

Kemunculan Transformer menandai perubahan paradigma fundamental dalam pengembangan chatbot. Dengan memperkenalkan mekanisme self-attention, Transformer memungkinkan model memperhitungkan hubungan antar-kata secara simultan tanpa perlu memproses data secara berurutan (Shu et al., 2022), (Joshi & Gupta, 2022), (Ali, 2025). Kemampuan ini memungkinkan Transformer memahami konteks percakapan yang lebih panjang dan kompleks, serta menghasilkan respons yang lebih natural (Esfandiari et al., 2023), (Esfandiari et al., 2025).

Keunggulan Transformer termanifestasi dalam evaluasi performa yang signifikan. Pada sistem tanya-jawab berbasis bahasa Bengali, Transformer mencapai skor BLEU 85,0, jauh melampaui model seq2seq dengan attention yang hanya memperoleh skor 23,5 pada dataset yang sama (Masum et al., 2021). Superioritas ini menunjukkan efektivitas Transformer dalam menghasilkan respons yang akurat dan kontekstual untuk chatbot pengetahuan umum.

Diversifikasi Model Transformer: Spesialisasi untuk Berbagai Tugas

Arsitektur Transformer telah berevolusi menjadi berbagai varian yang dioptimalkan untuk tugas-tugas spesifik, masing-masing membawa inovasi tersendiri dalam pengembangan chatbot.

BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) berfokus pada pemahaman konteks dua arah, memungkinkan chatbot memahami makna kalimat secara lebih mendalam dengan mempertimbangkan hubungan antar kata (Prottasha et al., 2022). Karakteristik ini menjadikan BERT sangat efektif untuk tugas-tugas seperti intent recognition, sentiment analysis, dan question answering (Fatonah et al., 2024). Implementasi BERT dalam berbagai domain menunjukkan akurasi yang konsisten tinggi, berkisar dari 76,92% hingga 92%, bergantung pada kompleksitas tugas dan spesifikasi domain (Fatonah et al., 2024). Dalam aplikasi kesehatan mental, Logistic Regression Classifier berbasis BERT bahkan mencapai akurasi 99% untuk klasifikasi intent (Winarko & Suryanti, 2025).

GPT mengembangkan konsep generatif dari Transformer, memungkinkan chatbot menghasilkan kalimat baru yang natural dan kontekstual (Shah & Kavathiya, 2024). Model ini menjadi fondasi bagi chatbot modern yang mampu melakukan percakapan dengan gaya bahasa menyerupai manusia, serta beradaptasi dengan konteks dan gaya percakapan pengguna (Ahmed et al., 2024). Kemampuan few-shot learning pada model berbasis GPT memungkinkan chatbot beradaptasi dengan domain baru tanpa memerlukan pelatihan ulang yang ekstensif.

T5 membawa pendekatan inovatif dengan mengonversi seluruh tugas NLP menjadi format text-to-text, menjadikannya fleksibel untuk berbagai jenis tugas percakapan (Singla, 2020), (Elhamayed & Nour, 2025). Desain arsitektur yang efisien ini membuka jalan bagi chatbot yang dapat berfungsi sebagai sistem percakapan serbaguna (Perumal et al., 2024), mampu menangani berbagai tugas dari klasifikasi hingga generasi teks dalam satu framework terpadu.

Sintesis: Pola Evolusi dan Implikasi Praktis

Analisis lintas studi mengungkapkan beberapa pola evolusi yang konsisten pada tahap pertama, terdapat trade-off antara kompleksitas arsitektur dan kebutuhan sumber daya. Model yang lebih sederhana seperti RNN dan LSTM memerlukan sumber daya komputasi lebih rendah namun terbatas dalam kemampuan pemahaman konteks (Ali, 2025), (Mukti & Salam, 2025). Sebaliknya, Transformer menunjukkan performa superior dalam tugas kompleks namun memerlukan dataset besar dan sumber daya komputasi tinggi untuk mencapai hasil

optimal (Ahmed et al., 2024), (Zhang et al., 2024)

Kedua, pemilihan arsitektur harus disesuaikan dengan karakteristik aplikasi. Untuk aplikasi dengan konteks percakapan pendek dan sumber daya terbatas, LSTM masih merupakan pilihan yang viable dengan hasil yang memuaskan (Raharjo & Subhiyakto, 2024), (Darmawan & Arifudin, 2024) Namun untuk aplikasi yang memerlukan pemahaman konteks mendalam, generasi respons yang natural, atau adaptasi multi-domain, Transformer dan variannya menjadi pilihan yang lebih tepat (Masum et al., 2021), (Esfandiari et al., 2023), (Esfandiari et al., 2025).

Ketiga, kemunculan dan evolusi model turunan Transformer tidak hanya meningkatkan kemampuan chatbot dalam memahami dan berinteraksi secara natural, tetapi juga memperluas kemungkinan penerapan teknologi ini pada berbagai platform mulai dari asisten virtual hingga layanan pelanggan berbasis AI yang adaptif dan kontekstual (Kusal et al., 2022).

Pergeseran paradigma dari sequential processing ke attention mechanism menandai maturitas teknologi chatbot menuju sistem yang lebih sophisticated, capable dalam menangani kompleksitas bahasa natural, dan mampu memberikan pengalaman interaksi yang semakin mendekati percakapan antar-manusia.

Kapan LSTM Masih Relevan Dibandingkan Transformer

Meskipun Transformer mendominasi publikasi periode 2024-2025 dengan performa superior, pertanyaan kritis yang perlu dijawab adalah: dalam kondisi apa LSTM masih merupakan pilihan yang lebih optimal? Analisis terhadap literatur menunjukkan bahwa relevansi arsitektur tidak hanya ditentukan oleh akurasi, tetapi juga oleh konteks aplikasi praktis.

LSTM memiliki keunggulan signifikan untuk deployment pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya. Implementasi chatbot layanan pelanggan berbasis LSTM berhasil mencapai validation accuracy 96% dengan response time di bawah 50 ms (Raharjo & Subhiyakto, 2024). Hal ini menjadikan LSTM pilihan ideal untuk aplikasi mobile, edge devices, atau embedded systems yang memerlukan efisiensi tinggi.

Chatbot informasi penerimaan mahasiswa baru menggunakan kombinasi FastText dan LSTM juga menunjukkan performa yang memuaskan dengan resource footprint yang minimal (Fiddin et al., 2024). Untuk deployment pada lingkungan dengan keterbatasan memori dan processing power, LSTM tetap menjadi solusi yang lebih pragmatis dibandingkan Transformer yang memerlukan sumber daya komputasi jauh lebih besar.

Ketika dataset percakapan terbatas (kurang dari 5,000 sampel), LSTM menunjukkan stabilitas training yang lebih baik. Studi implementasi chatbot pendidikan dengan hybrid RNN-LSTM dan Decision Tree pada dataset terbatas mencapai akurasi 77% yang compatible dengan baseline (Darmawan & Arifudin, 2024).

LSTM berbasis chatbot untuk informasi vocational registration juga berhasil diimplementasikan dengan dataset terbatas, menunjukkan bahwa arsitektur ini lebih robust terhadap keterbatasan data dibandingkan Transformer yang cenderung mengalami overfitting (Langgeng, 2023). Untuk domain highly-specialized dengan data terbatas, LSTM dengan data augmentation menjadi pilihan yang lebih cost-effective (Gupta et al., 2023), (Dharrao & Gite, 2024).

Untuk aplikasi yang memerlukan response time sangat cepat, LSTM memiliki keunggulan clear. Penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis LSTM mampu mempertahankan response time konsisten di bawah 50 ms bahkan pada high-traffic scenarios, sementara Transformer mengalami latency spike yang signifikan pada peak load (Praneeth et al., 2024), (Mukti & Salam, 2025).

Implementasi chatbot customer service menggunakan LSTM menunjukkan performa yang stabil untuk aplikasi dengan Service Level Agreement (SLA) yang ketat (Rokhayadi et al., 2025). Chatbot PMB dengan integrasi algoritma RNN dan LSTM juga berhasil mengoptimasi response time percakapan pada sistem dengan traffic tinggi (E. Prasetyo & Sudiati, 2024), (Sabrina et al., 2024).

Untuk use case straightforward seperti FAQ bots atau simple transactional chatbots, peningkatan akurasi yang diperoleh Transformer sering tidak justify kompleksitas implementasi yang jauh lebih tinggi. Chatbot informasi pariwisata berbasis NLP dan Dialogflow menunjukkan bahwa untuk klasifikasi intent sederhana, pendekatan yang lebih simple sudah sufficient (Sanjaya & Winarno, 2024).

Implementasi chatbot support assistant menggunakan algoritma BiLSTM juga menunjukkan hasil yang memuaskan untuk tugas-tugas klasifikasi sederhana dengan efisiensi yang tinggi (Rianto & Furqon, 2024). Untuk aplikasi dengan percakapan pendek dan intent terbatas, LSTM memberikan balance optimal antara akurasi dan efisiensi operasional.

Untuk memberikan perspektif seimbang, Transformer menjadi pilihan yang lebih baik dalam kondisi: Multi-Turn Complex Conversations: Ketika percakapan memerlukan pemahaman konteks panjang dengan banyak turn, Transformer menunjukkan superioritas yang jelas. Studi chatbot berbasis Transformer untuk sistem tanya-jawab Bengali mencapai

BLEU score 85.0, jauh melampaui model seq2seq (23.5) pada dataset yang sama (Masum et al., 2021) .

Accuracy-Critical Applications: Untuk aplikasi yang memerlukan akurasi maksimal seperti chatbot kesehatan mental, implementasi berbasis BERT dan Transformer mencapai akurasi hingga 99% (Winarko & Suryanti, 2025). Chatbot edukasi pra-nikah menggunakan BERT juga menunjukkan akurasi tinggi untuk pemahaman konteks yang nuanced (Fatonah et al., 2024).

Generative Responses: Model berbasis GPT dan Transformer generatif menunjukkan kemampuan superior dalam menghasilkan respons yang natural dan bervariasi (Esfandiari et al., 2023), (Shah & Kavathiya, 2024), (Esfandiari et al., 2025). Untuk aplikasi yang memprioritaskan kualitas generasi bahasa natural, Transformer menjadi pilihan yang lebih tepat.

Multi-Domain Chatbots: Ketika chatbot harus menangani berbagai topik tanpa retraining, transfer learning capability Transformer memberikan fleksibilitas yang tidak dimiliki LSTM (Ahmed et al., 2024), (Zhang et al., 2024).

Literatur menunjukkan trend pengembangan model hybrid yang mengkombinasikan LSTM dan Transformer untuk mengoptimalkan trade-off [9], (Guna Mandhasiya et al., 2024). Pendekatan ini menggunakan LSTM untuk intent classification cepat pada query sederhana, dan Transformer untuk pemrosesan mendalam pada query kompleks.

Hybrid model dinilai lebih unggul dari segi kekuatan dibanding menggunakan satu model (Wahyuni et al., 2025). Selain itu, penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa metode deep learning konvensional seperti CNN, LSTM, CNN-LSTM, dan LSTM-CNN mampu memberikan performa yang kompetitif ketika dipadukan dengan teknik ekstraksi fitur TF-IDF dan augmentasi data. (Pornama et al., 2025) serta optimasi hyperparameter menggunakan metode seperti Grid Search (Pujiono et al., 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil *systematic literature review* tersebut, dapat disimpulkan bahwa evolusi arsitektur deep learning pada pengembangan chatbot bergerak signifikan dari pendekatan sekuensial menuju arsitektur berbasis *attention mechanism*, dengan Transformer sebagai paradigma dominan yang mampu memberikan pemahaman konteks global dan respons yang lebih natural dibandingkan RNN dan LSTM, meskipun dengan konsekuensi kebutuhan sumber daya komputasi yang lebih besar. Diversifikasi model Transformer seperti

BERT, GPT, dan T5 memungkinkan penerapan chatbot yang semakin luas dan spesifik di berbagai domain, mulai dari layanan pelanggan hingga kesehatan, pendidikan, dan pencarian informasi, yang masing-masing menuntut strategi arsitektur dan desain sistem yang berbeda. Evaluasi kinerja chatbot juga berkembang ke arah pendekatan yang lebih holistik dengan mengintegrasikan metrik teknis dan pengalaman pengguna, menegaskan bahwa keberhasilan sistem tidak hanya bergantung pada akurasi model, tetapi juga pada kualitas interaksi dan tingkat kepuasan pengguna. Oleh karena itu, sebagai saran, pemilihan arsitektur deep learning dalam pengembangan chatbot sebaiknya mempertimbangkan secara komprehensif kebutuhan domain aplikasi, ketersediaan dan kualitas data, serta keterbatasan sumber daya komputasi, sehingga dapat dicapai keseimbangan optimal antara performa, efisiensi, dan keberlanjutan implementasi dalam konteks penggunaan nyata.

DAFTAR PUSTAKA

11. Unikom_Farhan Fathur Ramadhan_Bab Ii. (N.D.).
- Abo Aisha, M., & Bani Jamei, R. (2025). Conversational Ai Revolution: A Comparative Review Of Machine Learning Algorithms In Chatbot Evolution. *East Journal Of Engineering*, 1(1), 1–18. Doi:10.63496/Eje.Vol1.Iss1.30
- Aburass, S., Dorgham, O., & Rumman, M. A. (2023). An Ensemble Approach To Question Classification: Integrating Electra Transformer, Glove, And Lstm. Arxiv. Doi:10.48550/Arxiv.2308.06828
- Af'idah, D. I., & Handayani, S. F. (2025). Comparative Analysis Of Deep Learning Models For Retrieval- Based Tourism Information Chatbots, 11(1). Retrieved From Files/119/Af'idah And Handayani - 2025 - Comparative Analysis Of Deep Learning Models For Retrieval- Based Tourism Information Chatbots.Pdf
- Ahmed, M., Khan, H. U., & Munir, E. U. (2024). Conversational Ai: An Explication Of Few-Shot Learning Problem In Transformers-Based Chatbot Systems. *Ieee Transactions On Computational Social Systems*, 11(2), 1888–1906. Doi:10.1109/Tcss.2023.3281492
- Ali, Z. (2025). A Comprehensive Overview And Comparative Analysis Of Cnn, Rnn-Lstm And Transformer. Ssrn. Doi:10.2139/Ssrn.5175090
- Al-Qahtani, A. H., Al-Baltah, I. A., & Ghaleb, M. (2024). *Comparative Analysis Of Deep Learning Techniques For Chatbots Implementation*. In *2024 1st International Conference On Emerging Technologies For Dependable Internet Of Things (Iceti)*

- (Pp. 1–10). Ieee. Doi:10.1109/Iceti63946.2024.10777265
- Alruily, M. (2022). Arrasa: Channel Optimization For Deep Learning-Based Arabic Nlu Chatbot Framework. *Electronics*, 11(22), 3745. Doi:10.3390/Electronics11223745
- Alruqi, T. N., & Alzahrani, S. M. (2023). Evaluation Of An Arabic Chatbot Based On Extractive Question-Answering Transfer Learning And Language Transformers. *Ai*, 4(3), 667–691. Doi:10.3390/Ai4030035
- Anggraini, R. N. E., Tursina, D., & Sarno, R. (2024). Islamic Qa With Chatbot System Using Convolutional Neural Network. *Iraqi Journal Of Science*, 2232–2241. Doi:10.24996/Ijs.2024.65.4.38
- Asalkar, G. G., Lal, B., & Korade, N. B. (2025). Comparative Analysis Of Sentence Similarity Detection Using Machine And Deep Learning With Vectorization Techniques. *Knowledge And Information Systems*. Doi:10.1007/S10115-025-02516-0
- Assayed, S. K., Alkhatib, M., & Shaalan, K. (2024). A Systematic Review Of Conversational Ai Chatbots In Academic Advising. In K. Al Marri, F. A. Mir, S. A. David, & M. Al-Emran (Eds.), *Buid Doctoral Research Conference 2023* (Vol. 473, Pp. 346–359). Cham: Springer Nature Switzerland. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-56121-4_33
- Ayanouz, S., Abdelhakim, B. A., & Benhmed, M. (2020). A Smart Chatbot Architecture Based Nlp And Machine Learning For Health Care Assistance. In *Niss2020: The 3rd International Conference On Networking, Information Systems & Security* (Pp. 1–6). Acm. Doi:10.1145/3386723.3387897
- Bal, S., Jash, K., & Mandal, L. (2024). An Implementation Of Machine Learning-Based Healthcare Chabot For Disease Prediction (Mibot). In B. Das, R. Patgiri, S. Bandyopadhyay, V. E. Balas, & S. Roy (Eds.), *Modeling, Simulation And Optimization* (Vol. 373, Pp. 419–430). Singapore: Springer Nature Singapore. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-981-99-6866-4_32
- Bansal, S., Gupta, V., Gupta, E., & Garg, P. (2025). Evaluating Handwritten Answers Using Deepseek: A Comparative Analysis Of Deep Learning-Based Assessment. *International Journal Of Computational Intelligence Systems*, 18(1), 209. Doi:10.1007/S44196-025-00946-W
- Basak, D., Srijiith, P. K., & Desarkar, M. S. (2024). Transformer Based Multitask Learning For Image Captioning And Object Detection. In D.-N. Yang, X. Xie, V. S. Tseng, J. Pei, J.-W. Huang, & J. C.-W. Lin (Eds.), *Advances In Knowledge Discovery And Data*

- Mining* (Vol. 14646, Pp. 260–272). Singapore: Springer Nature Singapore. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-981-97-2253-2_21
- Bataineh, A. Q., Abu-Alsondos, I. A., Almazaydeh, L., El Mokdad, S. S., & Allahham, M. (2024). Enhancing Natural Language Processing With Machine Learning For Conversational Ai. *Iet Conference Proceedings, 2023(39)*, 229–237. Doi:10.1049/Icp.2024.0492
- Behl, V., & Bibhu, V. (2024). Review Of Deep Learning Approaches For Conversational Artificial Intelligence. In *2024 7th International Conference On Contemporary Computing And Informatics (Ic3i)* (Pp. 845–851). Ieee. Doi:10.1109/Ic3i61595.2024.10828806
- Belser, C. A. (2023). *Comparison Of Natural Language Processing Models For Depression Detection In Chatbot Dialogues*.
- Benaddi, L., Ouaddi, C., Souha, A., Jakimi, A., & Ouchao, B. (2024). Chatbots In Tourism Sector: Classification, Evolution, And Functionalities. In *2024 Ieee 12th International Symposium On Signal, Image, Video And Communications (Isivc)* (Pp. 1–6). Ieee. Doi:10.1109/Isivc61350.2024.10577889
- Building A Chatbot For The Enterprise Using Transformer Models And Self-Attention Mechanisms. (2021). *International Journal Of Artificial Intelligence, Data Science, And Machine Learning, 2(2)*. Doi:10.63282/3050-9262.Ijaidsmml-V2i2p108
- Chou, J.-S., Chong, P.-L., & Liu, C.-Y. (2024). Deep Learning-Based Chatbot By Natural Language Processing For Supportive Risk Management In River Dredging Projects. *Engineering Applications Of Artificial Intelligence, 131*, 107744. Doi:10.1016/J.Engappai.2023.107744
- College Of Software China, X. J. T. U., Li, X., Zhong, H., Zhang, B., & Zhang, J. (2020). A General Chinese Chatbot Based On Deep Learning And Its' Application For Children With Asd. *International Journal Of Machine Learning And Computing, 10(4)*, 519–526. Doi:10.18178/Ijmlc.2020.10.4.967
- Dagkoulis, I., & Moussiades, L. (2022). A Comparative Evaluation Of Chatbot Development Platforms. In *Pci 2022: 26th Pan-Hellenic Conference On Informatics* (Pp. 322–328). Acm. Doi:10.1145/3575879.3576012
- Darmawan, D. R., & Arifudin, R. (2024). Enhancing Durrotalk Chatbot Accuracy Utilizing A Hybrid Model Based On Recurrent Neural Network (Rnn) Algorithm And Decision Tree. *Juita : Jurnal Informatika, 12(1)*, 81. Doi:10.30595/Juita.V12i1.20868

- Daswani, M., Desai, K., Patel, M., Vani, R., & Eirinaki, M. (2020). Colleaguebot: A Conversational Ai Approach To Help Students Navigate College. In C. Stephanidis, M. Kurosu, H. Degen, & L. Reinerman-Jones (Eds.), *Hci International 2020 - Late Breaking Papers: Multimodality And Intelligence* (Vol. 12424, Pp. 44–63). Cham: Springer International Publishing. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-60117-1_4
- Dave, D., & Bhatt, N. (2025). Reinforcement Learning In Conversational Ai: Advances And Challenges. In M. S. Kaiser, J. Xie, & V. S. Rathore (Eds.), *Intelligent Strategies For Ict* (Vol. 1381, Pp. 269–279). Singapore: Springer Nature Singapore. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-981-96-5607-3_24
- Debray, A., Saha, R., Mishra, S., Sobti, R., & Khanna, A. (2024). Design And Implementation Of Therapist Chatbot Using Encoder-Decoder Lstm. In A. E. Hassanien, S. Anand, A. Jaiswal, & P. Kumar (Eds.), *Innovative Computing And Communications* (Vol. 1038, Pp. 413–423). Singapore: Springer Nature Singapore. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-981-97-4149-6_28
- Dharrao, D., & Gite, S. (2024). Therapybot: A Chatbot For Mental Well-Being Using Transformers. *International Journal Of Advances In Applied Sciences*, 13(1), 1. Doi:10.11591/ijaas.v13.i1.p1-12
- Dhyani, M., & Kumar, R. (2021). An Intelligent Chatbot Using Deep Learning With Bidirectional Rnn And Attention Model. *Materials Today: Proceedings*, 34, 817–824. Doi:10.1016/j.matpr.2020.05.450
- Dodia, S., Sonawane, M., Kasle, J., Kamble, S., & Vishwakarma, P. (2024). *Comparative Study Of Deep Neural Language Models For Text Generation*. In *2024 8th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (Iccubea)* (Pp. 1–6). Ieee. Doi:10.1109/iccubea61740.2024.10774930
- Elhamayed, S. A., & Nour, M. (2025). Overview Of Deep Learning And Large Language Models In Machine Translation: A Special Perspective On The Arabic Language. *Journal Of Electrical Systems And Information Technology* 2025 12:1, 12(1), 27-. Doi:10.1186/s43067-025-00211-2
- Esfandiari, N., Kiani, K., & Rastgoo, R. (2023). A Conditional Generative Chatbot Using Transformer Model. Arxiv. Doi:10.48550/Arxiv.2306.02074
- Esfandiari, N., Kiani, K., & Rastgoo, R. (2025). A New Transformer-Based Generative Chatbot Using CycleGAN Approach. *Neural Computing And Applications*.

Doi:10.1007/S00521-025-11618-3

- Fatharani, F., Kania, K. P., Hutahaean, J., & Wulan, S. R. (2022). Deteksi Intensi Chatbot Berbahasa Indonesia Dengan Menggunakan Metode Capsule Network. *Journal Of Information System Research (Josh)*, 3(4), 590–596. Doi:10.47065/Josh.V3i4.1821
- Fatonah, F. R., Maylawati, D. S., & Nurlatifah, E. (2024). Chatbot Edukasi Pra-Nikah Berbasis Telegram Menggunakan Bidirectional Encoder Representations From Transformers (Bert). *Jurnal Algoritma*, 21(2), 29–40. Doi:10.33364/Algoritma/V.21-2.1657
- Fiddin, F. Y., Komarudin, A., & Melina, M. (2024). Chatbot Informasi Penerimaan Mahasiswa Baru Menggunakan Metode Fasttext Dan Lstm. *Journal Of Applied Computer Science And Technology*, 5(1), 33–39. Doi:10.52158/Jacost.V5i1.648
- Gong, X., & Xiao, Y. (2021). A Skin Cancer Detection Interactive Application Based On Cnn And Nlp. *Journal Of Physics: Conference Series*, 2078(1), 012036. Doi:10.1088/1742-6596/2078/1/012036
- Gowthami, G., Mulakaluri, S., K. V., N, K., K, S. P., & Shanmugam, S. (2025). Deep Learning-Based Symptom Checker: A Comparative Study Of Nlp Techniques For Accurate Diagnosis. *Ssrn Electronic Journal*. Doi:10.2139/Ssrn.5091181
- Guna Mandhasiya, D., Murfi, H., & Bustamam, A. (2024). The Hybrid Of Bert And Deep Learning Models For Indonesian Sentiment Analysis. *Indonesian Journal Of Electrical Engineering And Computer Science*, 33(1), 591. Doi:10.11591/Ijeecs.V33.I1.Pp591-602
- Gunarathne, S., Mahmood, N. H., & Latva-Aho, M. (2025). *Transformer-Aided Csi Prediction For Interference Alignment In Mimo Systems*. In *2025 Joint European Conference On Networks And Communications & 6g Summit (Eucnc/6g Summit)* (Pp. 13–18). Ieee. Doi:10.1109/Eucnc/6gsummit63408.2025.11036915
- Gupta, V., Joshi, V., Jain, A., & Garg, I. (2023). *Chatbot For Mental Health Support Using Nlp*. In *2023 4th International Conference For Emerging Technology (Incet)* (Pp. 1–6). Ieee. Doi:10.1109/Incet57972.2023.10170573
- Hafizh - Pengembangan Chatbot Berbasis Jaringan Saraf Transformer Untuk Layanan Informasi Akademik Dan Keuang. (N.D.).
- Hastuti, S., Ahlun Ansar,), Hermawan, N., & Pendidikan, A. (N.D.). *Penerapan Teknologi Deep Learning Dalam Pendidikan Digital*. Retrieved From [Https://Jpion.Org/Index.Php/Jpi359situswebjurnal:Https://Jpion.Org/Index.Php/Jpi](https://Jpion.Org/Index.Php/Jpi359situswebjurnal:Https://Jpion.Org/Index.Php/Jpi)

- Hsu, I.-C., & Yu, J.-D. (2022). A Medical Chatbot Using Machine Learning And Natural Language Understanding. *Multimedia Tools And Applications*, *81*(17), 23777–23799. Doi:10.1007/S11042-022-12820-4
- Iosifova, O., Iosifov, I., Rolik, O., & Sokolov, V. (2020). Techniques Comparison For Natural Language Processing. Doi:10.5281/Zenodo.3895814
- Joshi, R., & Gupta, A. (2022). Performance Comparison Of Simple Transformer And Res-Cnn-Bilstm For Cyberbullying Classification. Arxiv. Doi:10.48550/Arxiv.2206.02206
- K. Negied, N., H. Anwar, S., M. Abouaish, K., M. Matta, E., A. Ahmed, A., & K. Farouq, A. (2024). Academic Assistance Chatbot-A Comprehensive Nlp And Deep Learning-Based Approaches. *Indonesian Journal Of Electrical Engineering And Computer Science*, *33*(2), 1042. Doi:10.11591/Ijeecs.V33.I2.Pp1042-1056
- Katake, K. J., & Sugandhi, R. (2024). Integrating Conversational Ai And Machine Learning In Education. In T. Senjyu, C. So-In, & A. Joshi (Eds.), *Smart Trends In Computing And Communications* (Vol. 948, Pp. 327–338). Singapore: Springer Nature Singapore. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-981-97-1329-5_26
- Khan, V., & Meenai, T. A. (2021). Pretrained Natural Language Processing Model For Intent Recognition (Bert-Ir). *Human-Centric Intelligent Systems*, *1*(3), 66–74. Doi:10.2991/Hcis.K.211109.001/Metrics
- Kumar, A., Natalia, F., Sudirman, S., & Al-Jumeily, D. (2024). *Technical Document Query System Using Transformer Model-Based Machine Reading Comprehension*. In *2024 17th International Conference On Development In Esystem Engineering (Dese)* (Pp. 497–502). Ieee. Doi:10.1109/Dese63988.2024.10911893
- Kumaraguru Diderot, P., Sakthidasan Sankaran, K., Jawarneh, M., Pallathadka, H., Arias-González, J. L., & Sanchez, D. T. (2024). Evaluation Of Chabot Text Classification Using Machine Learning. In R. Rawat, R. K. Chakrawarti, S. K. Sarangi, P. Vyas, M. S. Alamanda, K. Srividya, & K. S. Sankaran (Eds.), *Conversational Artificial Intelligence* (1st Ed., Pp. 199–218). Wiley. Retrieved From <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781394200801.ch13>
- Kusal, S., Patil, S., Choudrie, J., Kotecha, K., Mishra, S., & Abraham, A. (2022). Ai-Based Conversational Agents: A Scoping Review From Technologies To Future Directions. *Ieee Access*, *10*, 92337–92356. Doi:10.1109/Access.2022.3201144
- Kushwaha, A. K., & Kar, A. K. (2024). Markbot – A Language Model-Driven Chatbot For

- Interactive Marketing In Post-Modern World. *Information Systems Frontiers*, 26(3), 857–874. Doi:10.1007/S10796-021-10184-Y
- Langgeng, Y. S. H. (2023). Long Short-Term Memory-Based Chatbot For Vocational Registration Information Services. *Journal Of Applied Data Sciences*, 4(4), 414–430. Doi:10.47738/Jads.V4i4.128
- Masum, A. K. M., Abujar, S., Akter, S., Ria, N. J., & Hossain, S. A. (2021). *Transformer Based Bengali Chatbot Using General Knowledge Dataset*. In *2021 20th Ieee International Conference On Machine Learning And Applications (Icmla)* (Pp. 1235–1238). Ieee. Doi:10.1109/Icmla52953.2021.00200
- Mathew, A. N., V., R., & Paulose, J. (2021). Nlp-Based Personal Learning Assistant For School Education. *International Journal Of Electrical And Computer Engineering (Ijece)*, 11(5), 4522. Doi:10.11591/Ijece.V11i5.Pp4522-4530
- Michels, J., Bandarupalli, R., Ahangar Akbari, A., Le, T., Xiao, H., Li, J., & Hom, E. F. Y. (2025). Natural Language Processing Methods For The Study Of Protein–Ligand Interactions. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 65(5), 2191–2213. Doi:10.1021/Acs.Jcim.4c01907
- Mienye, I. D., & Swart, T. G. (2024). A Comprehensive Review Of Deep Learning: Architectures, Recent Advances, And Applications. *Information*, 15(12), 755. Doi:10.3390/Info15120755
- Muftie, F., Yafi, K. M., & Addina, Q. M. (2024). Perbandingan Performa Deteksi Cyberbullying Dengan Transformer, Deep Learning, Dan Machine Learning. *Jurnal Pendidikan Informatika Dan Sains*, 13(1), 75–87. Doi:10.31571/Saintek.V13i1.4002
- Mughal, N., Mujtaba, G., Shaikh, S., Kumar, A., & Daudpota, S. M. (2024). Comparative Analysis Of Deep Natural Networks And Large Language Models For Aspect-Based Sentiment Analysis. *Ieee Access*, 12, 60943–60959. Doi:10.1109/Access.2024.3386969
- Mukti, D. R., & Salam, A. (2025). The Development Of A Deployment System Architecture For A Flask-Based Chatbot Using An Lstm Nlp Model For Customer Service Question & Answer. *Journal Of Applied Informatics And Computing*, 9(3), 732–740. Doi:10.30871/Jaic.V9i3.9305
- Nallamani, R. (2022). *An Automated Conversation System Using Natural Language Processing (Nlp) Chatbot In Python*. Retrieved From <http://Www.Centralasianstudies.Org><http://Cajmns.Centralasianstudies.Org>

- Nguyen, T., & Shcherbakov, M. (2021). Improvement Of Intent Classification Using Diacritic Restoration For Text Message In Chatbot. In A. G. Kravets, M. Shcherbakov, D. Parygin, & P. P. Groumpos (Eds.), *Creativity In Intelligent Technologies And Data Science* (Vol. 1448, Pp. 110–123). Cham: Springer International Publishing. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-87034-8_9
- Nimma, D., Somasekhar Srinivas, V. K., Gupta, S. Sen, Nair, H., Devi, R. L., & Bala, B. K. (2024). *Comparative Analysis Of Deep Learning Models For Multilingual Language Translation*. In *2024 8th Slaai International Conference On Artificial Intelligence (Slaai-Icai)* (Pp. 1–6). Ieee. Doi:10.1109/Slaai-Icai63667.2024.10844988
- Nsaif, W. S., Salih, H. M., Saleh, H. H., & Al-Nuaim, B. T. (2024). Conversational Agents: An Exploration Into Chatbot Evolution, Architecture, And Important Techniques. *The Eurasia Proceedings Of Science Technology Engineering And Mathematics*, 27, 246–262. Doi:10.55549/Epstem.1518795
- Owero-Ozeze, P., Cashmore, C., & Okorie, O. (2024). Humour Detection In Text; Developing An Automated System To Detect Humour In Text Using Machine Learning, Deep Learning And Large Language Models. *Computer Science And Mathematics*. Doi:10.20944/Preprints202412.1719.V1
- Pandey, S., Sharma, S., & Wazir, S. (2022). Mental Healthcare Chatbot Based On Natural Language Processing And Deep Learning Approaches: Ted The Therapist. *International Journal Of Information Technology 2022 14:7*, 14(7), 3757–3766. Doi:10.1007/S41870-022-00999-6
- Patil, R., Sinkar, Y., Ruke, A., Kulkarni, H., & Kadam, O. (2024). Smart Agri-Advisor: Integrating Chatbot Technology With Cnn-Based Crop Disease Classification For Enhanced Agricultural Decision-Making. *International Journal Of Engineering Trends And Technology*, 72(7), 375–380. Doi:10.14445/22315381/Ijett-V72i7p141
- Perumal, T., Mustapha, N., Mohamed, R., & Shiri, F. M. (2024). A Comprehensive Overview And Comparative Analysis On Deep Learning Models. *Journal On Artificial Intelligence*, 6(1), 301–360. Doi:10.32604/Jai.2024.054314
- Piizzi, A., Vavallo, D., Lazzo, G., Dimola, S., & Zazzera, E. (2024). A Natural Language Processing Model For The Development Of An Italian-Language Chatbot For Public Administration. *Computer Science And Mathematics*. Doi:10.20944/Preprints202406.1859.V1

- Pornama, A., Fitri Ana Wati Sistem Informasi, S., Timur Jl Rungkut Madya, J., Anyar, G., Gn Anyar, K., & Timur, J. (2025). Text-Based Emotion Sentiment Analysis Dengan Pendekatan Deep Learning: Akuisisi Tiktok Terhadap Tokopedia. *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(1), 518–526. Doi:10.36040/Jati.V9i1.12435
- Praneeth, K. R., Ruprah, T. S., Madhuri, J. N., Sreenivasulu, A. L., Shareefunnisa, S., & Rao, V. S. (2024). Optimizing Customer Interactions: A Bert And Reinforcement Learning Hybrid Approach To Chatbot Development. *International Journal Of Advanced Computer Science And Applications*, 15(9). Doi:10.14569/Ijacs.2024.0150958
- Prasetyo, D. W., & Juniawan, I. N. (2025). Sistem Chatbot Informasi Kampus Dengan Integrasi Crm Menggunakan Bert Di Universitas Triatma Mulya, 6(1). Retrieved From Files/115/Prasetyo And Juniawan - 2025 - Sistem Chatbot Informasi Kampus Dengan Integrasi Crm Menggunakan Bert Di Universitas Triatma Mulya.Pdf
- Prasetyo, E., & Sudiati, L. E. (2024). Evaluasi Kinerja Chatbot Dengan Integrasi Algoritma Rnn Dan Lstm Dalam Optimalisasi Respon Percakapan Pada Sistem Pmb, 7(2). Retrieved From Files/130/Prasetyo And Sudiati - 2024 - Evaluasi Kinerja Chatbot Dengan Integrasi Algoritma Rnn Dan Lstm Dalam Optimalisasi Respon Percakapa.Pdf
- Prottasha, N. J., Sami, A. A., Kowsher, M., Murad, S. A., Bairagi, A. K., Masud, M., & Baz, M. (2022). Transfer Learning For Sentiment Analysis Using Bert Based Supervised Fine-Tuning. *Sensors*, 22(11), 4157. Doi:10.3390/S22114157
- Pujiono, H., Vitianingsih, A. V., Kacung, S., Lidya Maukar, A., & Fitri Ana Wati, S. (2024). Application Of Faster R-Cnn Deep Learning Method For Rice Plant Disease Detection. *Jurnal Eltikom*, 8(2), 111–118. Doi:10.31961/Eltikom.V8i2.1165
- Raharjo, I. D., & Subhiyakto, E. R. (2024). Implementing Long Short Term Memory (Lstm) In Chatbots For Multi Usaha Raya. *Advance Sustainable Science Engineering And Technology*, 6(4), 02404018. Doi:10.26877/Asset.V6i4.934
- Rama_55101_09012682125012_0001108401_0222058001_Front_Ref. (N.D.).
- Rapp, A., Curti, L., & Boldi, A. (2021). The Human Side Of Human-Chatbot Interaction: A Systematic Literature Review Of Ten Years Of Research On Text-Based Chatbots. *International Journal Of Human-Computer Studies*, 151, 102630. Doi:10.1016/J.Ijhcs.2021.102630
- Reda. (2024). Intelligent Assistant Agents: Comparative Analysis Of Chatbots Through Diverse Methodologies. Unpublished. Doi:10.13140/Rg.2.2.23344.57602

- Rianto, M. E., & Furqon, A. (2024). Impelementasi Ai Chatbot Sebagai Support Assistant Website Universitas Nurul Jadid Menggunakan Algoritma Bilstm. Retrieved From Files/123/Rianto And Furqon - 2024 - Impelementasi Ai Chatbot Sebagai Support Assistant Website Universitas Nurul Jadid Menggunakan Algor.Pdf
- Rizvi, N., & Shende, S. (2024). Exploring Into The Advancements Of Deep Learning Technology: A Comprehensive Review. *Proceedings - 2024 International Conference On Healthcare Innovations, Software And Engineering Technologies, Hiset 2024*, 409–413. Doi:10.1109/Hiset61796.2024.00119
- Rokhayadi, W., Susanto, E., Kunci, K., Lstm, A., Pelanggan Pln, L., & Bahasa Alami, P. (2025). Pengembangan Chatbot Ai Untuk Layanan Pelanggan Pln Menggunakan Algoritma Long Short Term Memory (Lstm), 23(1). Doi:10.37031/Jt.V23i1.553
- Sabrina, D., Zulfa, A., Saputro, H., & Sabilla, A. D. (2024). Asisten Digital Cepat Dan Praktis Chatbot Pmb Menggunakan Algoritma Neural Network, 4(2). Retrieved From Files/121/Sabrina Et Al. - 2024 - Asisten Digital Cepat Dan Praktis Chatbot Pmb Menggunakan Algoritma Neural Network.Pdf
- Sanjaya, R. A., & Winarno, E. (2024). Pengembangan Chatbot Informasi Pariwisata Di Kabupaten Pati Menggunakan Metode Natural Language Processing Berbasis Dialogflow. *Jutisi : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 13(1), 368. Doi:10.35889/Jutisi.V13i1.1828
- Selvam, P., Koilraj, J. A. S., Romero, C. A. T., Alharbi, M., Mehbodniya, A., Webber, J. L., & Sengan, S. (2022). A Transformer-Based Framework For Scene Text Recognition. *Ieee Access*, 10, 100895–100910. Doi:10.1109/Access.2022.3207469
- Shafique, M., Mumtaz, G., Zubair Ahmad, S., & Iqbal, S. (N.D.). A Comparative Analysis Of Ai Chatbot Performance In Iot Environments. Doi:10.56979/702/2024
- Shah, M. M., & Kavathiya, H. R. (2024). Unveiling The Future: Exploring Conversational Ai. In A. Al-Marzouqi, S. A. Salloum, M. Al-Saidat, A. Aburayya, & B. Gupta (Eds.), *Artificial Intelligence In Education: The Power And Dangers Of Chatgpt In The Classroom* (Vol. 144, Pp. 511–526). Cham: Springer Nature Switzerland. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-52280-2_32
- Shu, H., Gao, P., Yang, Z., Li, C., & Wu, M. (2022). *Exploring The Feasibility Of Transformer Based Models On Question Relatedness*. In *2022 Ieee 24th Int Conf On High Performance Computing & Communications; 8th Int Conf On Data Science & Systems; 20th Int Conf On Smart City; 8th Int Conf On Dependability In Sensor*,

- Cloud & Big Data Systems & Application (Hpcc/Dss/Smartcity/Dependsys)* (Pp. 831–838). Ieee. Doi:10.1109/Hpcc-Dss-Smartcity-Dependsys57074.2022.00136
- Singh, R., Rana, V., Kumar, V., & Mohan, Y. (2025). A Comparative Study Of Precipitation Forecasting Using Deep Learning Models, *I2*(2). Retrieved From Files/106/Singh Et Al. - 2025 - A Comparative Study Of Precipitation Forecasting Using Deep Learning Models.Pdf
- Singla, S. (2020). Comparative Analysis Of Transformer Based Pre-Trained Nlp Models. Retrieved From Files/91/Singla - 2020 - Comparative Analysis Of Transformer Based Pre-Trained Nlp Models.Pdf
- Sohofi, A., Lesani, F. S., & Jamalou, Z. (2024). *Persian Depression Detection Chatbot Using Deep Learning*. In *2024 10th International Conference On Web Research (Icwr)* (Pp. 370–374). Ieee. Doi:10.1109/Icwr61162.2024.10533324
- Sonkar, C. K., & Kumar, V. (2025). *Review Of Artificial Intelligence Methods In Handwriting Identification Using Cnn-Rnn For Textural Features*. In *2025 International Conference On Cognitive Computing In Engineering, Communications, Sciences And Biomedical Health Informatics (Ic3ecsbhi)* (Pp. 648–654). Ieee. Doi:10.1109/Ic3ecsbhi63591.2025.10990766
- Soufyane, A., Abdelhakim, B. A., & Ahmed, M. Ben. (2021). An Intelligent Chatbot Using Nlp And Tf-Idf Algorithm For Text Understanding Applied To The Medical Field. In Mohamed Ben Ahmed, S. Mellouli, L. Braganca, B. Anouar Abdelhakim, & K. A. Bernadetta (Eds.), *Emerging Trends In Ict For Sustainable Development* (Pp. 3–10). Cham: Springer International Publishing. Retrieved From [Http://Link.Springer.Com/10.1007/978-3-030-53440-0_1](http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-53440-0_1)
- Suman, S., & Kumar, J. (2022). Interactive Agricultural Chatbot Based On Deep Learning. In D. J. Hemanth, D. Pelusi, & C. Vuppapapati (Eds.), *Intelligent Data Communication Technologies And Internet Of Things* (Vol. 101, Pp. 965–973). Singapore: Springer Nature Singapore. Retrieved From [Https://Link.Springer.Com/10.1007/978-981-16-7610-9_70](https://link.springer.com/10.1007/978-981-16-7610-9_70)
- Tiwari, V., Verma, L. K., Sharma, P., Jain, R., & Nagrath, P. (2021). Neural Network And Nlp Based Chatbot For Answering Covid-19 Queries. *International Journal Of Intelligent Engineering Informatics*, *9*(2), 161. Doi:10.1504/Ijiei.2021.117059
- Tri Khaqiqi, M. I., & Harani, N. H. (2024). Peningkatan Kinerja Chatbot Nlp Asisten: Tinjauan Literatur Tentang Metode Dan Akurasi Dalam Aplikasi Berbasis

- Percakapan. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Komputer (J-Icom)*, 5(1), 50–59.
Doi:10.55377/J-Icom.V5i1.8242
- Umam, A. K., Wijayanti, E., & Chamid, A. A. (2025). Penerapan Nlp Pada Chatbot Telegram Untuk Informasi Seputar Handphone, 5(4). Retrieved From Files/113/Umam Et Al. - 2025 - Penerapan Nlp Pada Chatbot Telegram Untuk Informasi Seputar Handphone.Pdf
- Verma, D., Kumar, P., Agarwal, M., Verma, G., Sombatteera, S., & Butdisuwan, S. (2025). Comparative Analysis Of Different Models For Sarcastic And Non-Sarcastic Text Detection Using Nlp. In Adesh Kumar, R. K. Pachauri, R. Mishra, & P. Kuchhal (Eds.), *Intelligent Communication, Control And Devices* (Vol. 1164, Pp. 671–682). Singapore: Springer Nature Singapore. Retrieved From https://link.springer.com/10.1007/978-981-97-8329-8_49
- Wahyuni, E. D., Suryanto, T. L. M., & Arviani, H. (2025). Deep Learning Multimodal Sarcasm Detection In Social Media Comments: The Role Of Memes And Emojis. *Journal Of Artificial Intelligence And Technology*, 5, 192–201.
Doi:10.37965/Jait.2025.0699
- Winarko, E., & Suryanti, A. B. D. (2025). Development Of Chatbot For Pre-Diagnosis And Recommendation Of Anxiety Disorder Using Diet And Sentence Transformer Models. *Ijccs (Indonesian Journal Of Computing And Cybernetics Systems)*, 19(3).
Doi:10.22146/Ijccs.95900
- Zhang, Y., Lau, R. Y. K., David Xu, J., Rao, Y., & Li, Y. (2024). Business Chatbots With Deep Learning Technologies: State-Of-The-Art, Taxonomies, And Future Research Directions. *Artificial Intelligence Review*, 57(5), 113. Doi:10.1007/S10462-024-10744-Z