

PERKEMBANGAN PROJEK RANCANGAN SISTEM PENYELESAIAN EKUASI DENGAN MODEL DEEP LEARNING BERBASIS GNN

Adamsyach Prana Walidin, Tri Sapta Warman Zai, Fatima Asro Harahap, Adidtya Perdana
Prodi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan
Jl. William Iskandar Ps. V Medan, Sumatera Utara 20221
E-mail: ¹adamsyachpranawalidin@gmail.com

ABSTRAK

Kemajuan kecerdasan buatan (AI) dalam rekayasa perangkat lunak telah memungkinkan pengembangan sistem yang lebih cerdas dan efisien, termasuk dalam penyelesaian perhitungan matematis yang kompleks. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem berbasis *Graph Neural Networks* (GNN) untuk menyelesaikan persamaan matematika secara otomatis dengan akurasi tinggi. Permasalahan utama yang dihadapi adalah keterbatasan metode konvensional dalam memahami hubungan kompleks antar variabel dalam persamaan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan GNN sebagai model deep learning yang mampu mengenali pola hubungan antar variabel dan memberikan solusi yang lebih presisi. Metode yang digunakan mencakup pengumpulan dan preprocessing data persamaan matematika, pelatihan model GNN, serta evaluasi performa menggunakan metrik akurasi dan efisiensi komputasi. Hasil penelitian menunjukkan model mendapatkan loss terkecil sebesar 0,374 dari dataset *MathQA* dan membuktikan bahwa pendekatan berbasis GNN lebih unggul dibandingkan metode tradisional dalam menyelesaikan persamaan dengan kompleksitas tinggi. Dengan implementasi ini, sistem diharapkan dapat digunakan dalam berbagai bidang seperti pendidikan dan penelitian ilmiah.

Kata kunci : *Graph Neural Networks, Deep Learning, Perhitungan Ekuasi, Rekayasa Perangkat Lunak, AI, Pemrosesan Matematis*

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dalam Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) telah mendorong inovasi dalam pengembangan aplikasi berbasis web. Salah satu pendekatan modern yang banyak diterapkan adalah Agile Software Development, yang memungkinkan pengembangan perangkat lunak secara iteratif dan adaptif untuk memenuhi kebutuhan yang terus berkembang seiring dengan revolusi digital, integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam pengembangan sistem berbasis web semakin meningkat, terutama dalam mendukung proses otomatisasi dan analisis data kompleks.

Website A2 (Assignment Assistant) dirancang sebagai platform edukasi berbasis AI, yang berfokus pada pengembangan fitur penyelesaian ekuasi matematika menggunakan Graph Neural Networks (GNN). Teknologi GNN mampu memodelkan hubungan kompleks dalam data graf untuk meningkatkan akurasi dalam menyelesaikan persamaan matematika, memberikan solusi yang lebih adaptif dibandingkan metode tradisional. Integrasi teknik ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam memahami konsep matematis secara lebih mendalam dan interaktif.

Pemanfaatan website sebagai media pembelajaran berbasis AI dan cloud computing telah terbukti meningkatkan efektivitas edukasi serta mempercepat akses terhadap solusi yang lebih cerdas dan efisien. Dengan pendekatan Agile Development, Website A2 dikembangkan untuk memastikan fleksibilitas dalam penyempurnaan fitur, responsivitas terhadap umpan balik pengguna, serta kualitas

perangkat lunak yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi efektivitas Website A2 dalam menyediakan solusi otomatis berbasis GNN, guna mendukung pembelajaran dan penyelesaian tugas akademik secara lebih inovatif.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang berjudul "*Implementasi Chatbot untuk Pelayanan Pelanggan yang Terintegrasi Web Toko Komputer*" oleh Idshal Setyo Nugroho dan Apriade Voutama membahas penerapan teknologi chatbot berbasis kecerdasan buatan (AI) dalam sistem layanan pelanggan pada sebuah toko komputer berbasis web. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi komunikasi antara pelanggan dengan sistem e-commerce melalui otomatisasi interaksi yang biasanya dilakukan secara manual oleh staf layanan pelanggan. Dengan adanya chatbot, proses komunikasi menjadi lebih cepat dan responsif, sehingga pelanggan dapat memperoleh jawaban atas pertanyaan mereka secara instan tanpa harus menunggu respons dari manusia. Studi kasus yang dilakukan dalam jurnal ini menunjukkan bahwa implementasi chatbot dapat meningkatkan efisiensi operasional layanan pelanggan dan memberikan pengalaman berbelanja yang lebih baik bagi pengguna. Hal ini terbukti dari kecepatan respons yang meningkat serta kemampuan chatbot dalam menangani pertanyaan umum secara efektif. [1]

Kesamaan utama antara jurnal ini dengan penelitian terkait terletak pada pemanfaatan kecerdasan buatan yang diintegrasikan ke dalam

sebuah sistem berbasis web. Dalam kedua penelitian, AI digunakan sebagai solusi untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi interaksi pengguna dalam platform daring. Namun demikian, terdapat perbedaan signifikan dalam pendekatan teknis yang digunakan. Penelitian dalam jurnal ini mengadopsi model machine learning yang telah dilatih sebelumnya menggunakan teknik konvensional, sedangkan penelitian terkait menggunakan pendekatan Graph Neural Network (GNN) sebagai teknik pelatihan model. Perbedaan teknik ini memengaruhi cara kerja dan kapabilitas chatbot dalam memahami konteks serta memberikan jawaban yang relevan. Oleh karena itu, meskipun tujuannya serupa dalam memanfaatkan AI untuk pelayanan berbasis web, pendekatan dan hasil yang dicapai dalam masing-masing penelitian dapat berbeda dalam aspek kinerja dan efektivitas.

2.2. Rekayasa Perangkat Lunak

Rekayasa Perangkat Lunak (Software Engineering) adalah disiplin ilmu yang berfokus pada penerapan prinsip-prinsip rekayasa dalam pengembangan perangkat lunak yang sistematis, terstruktur, dan dapat diandalkan. Bidang ini mencakup berbagai aspek, mulai dari analisis kebutuhan, perancangan arsitektur, implementasi, pengujian, hingga pemeliharaan perangkat lunak. Tujuan utama dari Rekayasa Perangkat Lunak adalah memastikan bahwa perangkat lunak yang dikembangkan tidak hanya memenuhi kebutuhan pengguna tetapi juga memiliki kualitas tinggi dalam hal efisiensi, skalabilitas, dan keamanan. Dengan meningkatnya kompleksitas sistem perangkat lunak modern, pendekatan berbasis metodologi seperti waterfall, agile, dan DevOps banyak digunakan untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi risiko kegagalan proyek. Selain itu, perkembangan teknologi seperti kecerdasan buatan dan otomatisasi semakin mempercepat inovasi dalam bidang ini. [2]

Perangkat lunak terdiri dari instruksi-instruksi dalam hal ini, program-program komputer yang, ketika dijalankan, menyediakan fitur-fitur, fungsi-fungsi, dan kinerja yang diinginkan oleh pengguna. Selain itu, perangkat lunak juga mencakup struktur data yang memungkinkan program-program tersebut untuk memanipulasi informasi, dan informasi tersebut disajikan dalam bentuk digital yang mendeskripsikan operasi dan penggunaan dari program-program tersebut. [3]

2.3. Pemrograman Web

Pemrograman web adalah proses pengembangan sistem berbasis internet yang memungkinkan interaksi pengguna dengan informasi digital melalui halaman web. Dalam pembelajaran fundamental pemrograman web, terdapat empat komponen utama yang harus dikuasai, yaitu Hypertext Markup Language (HTML) untuk struktur halaman, Cascading Style Sheets (CSS) untuk tampilan, PHP (Hypertext Preprocessor) sebagai bahasa pemrograman server-side, dan MySQL sebagai

sistem manajemen basis data. Website berfungsi sebagai media informasi, komunikasi, serta platform interaktif dalam berbagai sektor, termasuk pemerintahan dan bisnis. Seiring dengan era Industri 4.0, pemrograman web menjadi keterampilan penting yang mendukung otomatisasi, digitalisasi, dan distribusi informasi secara lebih luas. Pemanfaatan teknologi ini memungkinkan individu dan organisasi untuk mengelola serta menyebarkan informasi dengan lebih efisien melalui internet. [4]

Pemanfaatan aplikasi berbasis website dalam pembelajaran berperan penting dalam meningkatkan minat belajar peserta didik dengan menyediakan akses informasi yang fleksibel, dapat diakses kapan saja dan di mana saja. Website sebagai media pembelajaran memungkinkan proses belajar dilakukan secara daring maupun luring, sehingga memberikan kemudahan bagi siswa dan guru dalam mencari, mengelola, serta menyebarkan informasi secara efektif. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang pesat turut berkontribusi dalam mempermudah akses terhadap sumber belajar yang lebih interaktif dan menarik. [5]

2.4. Teknik Agile

Pengembangan berbasis Agile, seperti pendekatan berbasis tim untuk pengembangan perangkat lunak, adalah seni yang pada dasarnya adalah seni manusia, yang tunduk pada keanehan individu dan interaksi mereka. Untuk menguasai pengembangan Agile, diharuskan belajar mengevaluasi berbagai kemungkinan, dari waktu ke waktu, dan secara intuitif memilih tindakan terbaik. [6]

Teknik Agile dalam pengembangan perangkat lunak adalah pendekatan yang fleksibel, adaptif, dan iteratif yang memungkinkan perubahan kebutuhan pada setiap tahap siklus pengembangan tanpa menghambat proses atau meningkatkan biaya secara signifikan. Agile mengutamakan kolaborasi tim, komunikasi yang intens, dan pengembangan perangkat lunak dalam siklus pendek (iterasi) untuk menghasilkan produk yang dapat digunakan lebih awal dan ditingkatkan secara bertahap. Manifesto Agile menetapkan empat nilai utama: individu dan interaksi lebih penting daripada proses dan alat, perangkat lunak yang berfungsi lebih diutamakan dibandingkan dokumentasi yang menyeluruh, kolaborasi dengan pelanggan lebih diutamakan dibandingkan negosiasi kontrak, serta respons terhadap perubahan lebih penting daripada mengikuti rencana yang ketat. [7]

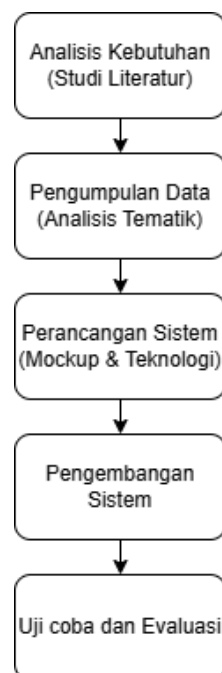
2.5. Graph Neural Network (GNN)

Graf adalah struktur yang digunakan untuk menunjukkan objek diskrit dan hubungan mereka satu sama lain. Graf biasanya digambarkan sebagai pasangan dua nilai atau tuple: $G = (V, E)$ di mana V adalah himpunan tidak kosong (vertices) dan E adalah himpunan sisi yang menghubungkan dua simpul. Graf terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan apakah mereka memiliki gelang atau sisi ganda. Yang pertama

adalah graf sederhana, yang tidak memiliki sisi ganda, dan yang kedua adalah graf sisi ganda, yang merupakan kebalikannya, dengan sisi ganda. Selain itu, ada jenis khusus dari graf ganda, yaitu graf semu, yang memiliki sisi gelang. [8]

GNN adalah metode berbasis pembelajaran mendalam yang berjalan pada domain grafik. Karena kinerjanya yang luar biasa, GNN baru-baru ini menjadi metode analisis grafis yang banyak digunakan. Struktur data yang memodelkan sekumpulan objek (simpul) dan hubungannya (tepi) disebut grafik. Analisis grafik berkonsentrasi pada tugas-tugas seperti pengelompokan, prediksi tautan, dan klasifikasi simpul. Ini adalah jenis pembelajaran mesin yang unik dengan struktur data non-Euclidean. Metode berbasis grafik telah sangat populer dalam beberapa tahun terakhir dan terbukti menjadi cara yang efisien untuk penalaran relasi. CRF dan jaringan random walk diusulkan berdasarkan model grafik untuk segmentasi gambar yang efektif. Menurut cara seseorang mendefinisikan operator konvolusi grafik, GNN dapat dibagi menjadi dua jenis. Graph Neural Network juga disebut Graph Convolution Network (GCN) oleh banyak orang. Pelabelan peran semantik, klasifikasi relasi, dan terjemahan mesin adalah beberapa tugas pengolahan bahasa natural, di mana GCN digunakan untuk mengkodekan struktur sintaksis kalimat. Dalam metode ini, setiap simpul pusat dan simpul tetangga digabungkan dengan mendefinisikan fungsi agregasi. Metode spasial bertujuan untuk menggabungkan setiap simpul pusat dan simpul tetangga dengan menentukan fungsi agregasi dari domain simpul. [9], [10]

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi

Dengan menggunakan metode kualitatif, penelitian ini didasari oleh observasi yang mendalam sehingga dapat mengungkap sekiranya bagaimana sebuah sistem dirancang agar dapat membantu user sesuai dengan tugas dan pekerjaannya.

3.1. Analisis Kebutuhan dan Pengumpulan Data

Analisis kebutuhan dalam penyusunan web A2 meliputi desain antarmuka yang user-friendly, dukungan input persamaan melalui teks maupun tulisan tangan, serta penerapan GNN untuk penyelesaian ekuasi secara akurat. Backend berbasis cloud computing digunakan guna memastikan efisiensi dan skalabilitas sistem. Mengadopsi metode Agile, pengembangan dilakukan secara iteratif untuk meningkatkan algoritma, performa, dan responsivitas fitur. Selain itu, platform ini dilengkapi visualisasi solusi grafis, deteksi kesalahan pengguna, serta rekomendasi pembelajaran untuk mendukung pemahaman yang lebih baik.

3.2. Perancangan Sistem

Karena GNN adalah Neural Network yang berbasis graph, maka data yang sudah disiapkan sebelumnya itu dikonversi kedalam bentuk graph dengan bantuan Deep Graph Library (DGL) dengan struktur:

- a. Node:
 - Operation (Operasi Matematis)
 - Number (Angka)
- b. Edge:
 - Problem (Masalah Matematis)
 - Solution (Solusi)

Model GNN yang dipakai pada penelitian ini adalah Pytorch Geometry yang mengolah dataset untuk menyebarkan informasi antar node. Lapisan pertama adalah lapisan fully connected (FC) untuk mengubah embedding node menjadi representasi akhir, dan lapisan output untuk menghasilkan prediksi rating berdasarkan representasi akhir. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah ReLu, dengan dropout 20% untuk menghindari overfitting.

3.3. Pengembangan Sistem

Pada saat melatih model, digunakan loss function yang menggunakan MSE untuk mengukur kesalahan prediksi ekuasi, dan dilakukan sebanyak 10 epoch. Juga dengan in-feats 1, hidden feats 16, out feats = 8.

3.4. Evaluasi Model

Model yang dihasilkan dievaluasi menggunakan MSE untuk mengukur seberapa jauh prediksi ekuasi dari nilai asli. Pelatihan berulang juga dilakukan dengan basis ekuasi yang digunakan oleh user, hal ini hanya berlaku pada operator matematis yang sudah didefinisikan oleh model, jika belum maka pelatihan model harus dilakukan secara manual.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Training Model

Setelah dilakukan pelatihan model dengan Pytorch Geometry selama 10 epoch, diperoleh nilai loss terbaik sebesar 0.374. Loss ini dihitung menggunakan Mean Squared Error (MSE) yang mengukur seberapa jauh tingkat error dalam menyelesaikan ekuasi. Semakin kecil nilai loss, semakin baik model dalam menyelesaikan permasalahan otomatis.

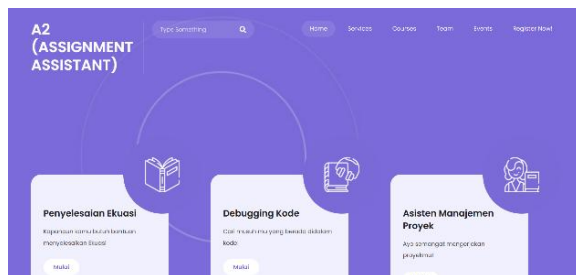
Tabel 1. Hasil Training Model

Epoch	Loss
1	0.896377
2	0.849069
3	0.809102
4	0.767371
5	0.729690
6	0.444225
7	0.423858
8	0.405567
9	0.388338
10	0.364000

Grafik loss selama proses training menunjukkan bahwa model mengalami penurunan loss secara bertahap, menandakan bahwa model berhasil belajar dari data tanpa mengalami overfitting yang signifikan.

4.2. Hasil Model Ekuasi

Setelah model dilatih, sistem akan disambungkan menggunakan API kepada tampilan user. API dari model Pytorch Geometry yang sudah dilatih harus diaktifkan terlebih dahulu agar model dapat bekerja pada sistem antarmuka A2 dengan cara menyisipkan kode program API pada *equationsolver*, program formula model.



Gambar 1. Tampilan Awal Platform A2

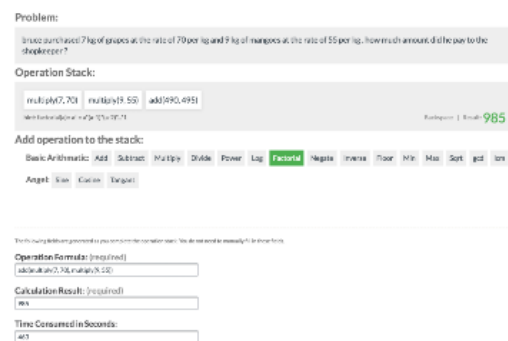
Menggunakan Bootstrap dalam mendesain web, penelitian ini mengharapkan Minimum Viable Product (MVP) sebagai hasil akhir yang mana menonjolkan fitur-fitur yang disokong oleh kecerdasan buatan. User diwajibkan untuk memasukkan jenis ekuasi pada kolom yang disediakan, karena model yang dilatih masih bekerja menggunakan operasi yang sudah disangkutkan oleh graf, misalnya (*add*), (*multiply*), dll.



Gambar 2. Tampilan Penyelesaian Ekuasi

Pada bagian ini, User dapat menggunakan persoalan cerita atau operasi langsung dari model bergantung penuh pada kolom *Operation Stack*. Model akan menganalisa jenis pertanyaan atau ekuasi berbasis daripada operator matematisnya seperti pertambahan, pengurangan dan sebagainya. Operator matematis yang belum didaftarkan pada model akan disisihkan, hal tersebut menjadi tantangan tersendiri dalam model untuk di latih.

User juga bisa memasukkan operator matematis secara selektif (seperti *add*, *multiply*, *const*, dsb.) untuk memuat ekuasi yang lebih akurat seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Penyelesaian Ekuasi dengan Hasil

Hasil akan tampil pada bagian kanan layer, hal ini menjadi indikasi bahwa penyelesaian operasi matematis telah diselesaikan oleh model. Dengan metode GNN dan library tambahan, Model Pytorch Geometry ini juga akan dilatih secara otomatis tiap kali menyelesaikan operasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Graph Neural Networks (GNN) dalam Website A2 (Assignment Assistant) dapat meningkatkan akurasi dalam penyelesaian persamaan matematika dibandingkan dengan metode konvensional. Dengan menggunakan pendekatan Agile dalam pengembangan

perangkat lunak, sistem ini dapat beradaptasi dengan kebutuhan pengguna serta memberikan solusi yang lebih efektif dan responsif. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa GNN mampu menangani hubungan kompleks dalam data graf, sehingga meningkatkan efisiensi dalam proses perhitungan otomatis. Oleh karena itu, integrasi AI berbasis GNN dalam sistem edukasi berbasis web menjadi solusi inovatif dalam mendukung pembelajaran matematika secara lebih interaktif. Sebagai saran, pengembangan selanjutnya dapat berfokus pada peningkatan kapabilitas model dengan dataset yang lebih luas serta optimalisasi antarmuka pengguna agar lebih ramah dan mudah diakses oleh berbagai kalangan. Selain itu, integrasi fitur pembelajaran adaptif berbasis AI dapat menjadi langkah strategis dalam meningkatkan efektivitas penggunaan Website A2 di berbagai bidang akademik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Idshal Setyo Nugroho dan Apriade Voutama, "Implementasi Chatbot untuk Pelayanan Pelanggan yang Terintegrasi Web Toko Komputer," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 3, pp. 3132–3145, Jun. 2024.
- [2] Q. Chen, X. Cong, W. Liu, C. Yang, W. Chen, Y. Su, Y. Dang, J. Li, J. Xu, D. Li, Z. Liu, and M. Sun, "Communicative Agents for Software Development," *arXiv preprint arXiv:2307.07924v4 [cs.SE]*, Dec. 2023. [Online]. Available: <https://github.com/OpenBM-B/ChatDev>
- [3] N. Umar et al., *Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024. Available: www.buku.sonpedia.com
- [4] R. A. Ramadhana, A. K. Zainib, and B. K. Pranoto, "Edukasi Pemrograman WEB Fundamental Sebagai Ilmu Wajib Era Industri 4.0," *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Penerapan Ilmu Pengetahuan (JPMPIP)*, vol. 03, no. 01, pp. 11–15, 2022.
- [5] N. R. H. Meduri, R. Firdaus, and H. Fitriawan, "Efektivitas Aplikasi Website dalam Pembelajaran untuk Meningkatkan Minat Belajar Peserta Didik," *Akademika: Jurnal Teknologi Pendidikan*, vol. 11, no. 2, pp. 283-294, Dec. 2022. DOI: 10.34005/akademika.v11i02.2272
- [6] S. Al-Saqqa, S. Sawalha, and H. AbdelNabi, "Agile Software Development: Methodologies and Trends," *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, vol. 14, no. 11, pp. 246–270, 2020. DOI: 10.3991/ijim.v14i11.13269.
- [7] J. Shore and S. Warden, *The Art of Agile Development*, 2nd ed. United State of America: O'reilly, 2022.F.
- [8] M. G. A. Giffera, "Penerapan Graph Neural Network dalam Pembangunan Sistem Rekomendasi," Makalah IF2120 Matematika Diskrit, Institut Teknologi Bandung, 2021.
- [9] R. Li et al., "A Graph Neural Network Model for the Diagnosis of Lung Adenocarcinoma Based on Multimodal Features and an Edge-Generation Network," *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, vol. 13, no. 8, pp. 5333–5348, 2023.
- [10] Y. Chen et al., "Graph-Based Global Reasoning Networks," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2021.