

**IMPLEMENTASI *VARIATIONAL AUTOENCODER* (VAE)
UNTUK MENGATASI DATA *SPARSITY* PADA *DATASET*
SISTEM REKOMENDASI *COLLABORATIVE FILTERING***



SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
pada Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak

Oleh

Rafi Fajrul Ariyadi

2101565

**PROGRAM STUDI REKAYASA PERANGKAT LUNAK
KAMPUS UPI DI CIBIRU
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

IMPLEMENTASI *VARIATIONAL AUTOENCODER* (VAE) UNTUK
MENGATASI DATA *SPARSITY* PADA *DATASET* SISTEM REKOMENDASI
COLLABORATIVE FILTERING

Oleh
Rafi Fajrul Ariyadi

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer pada Kampus UPI di Cibiru

© Rafi Fajrul Ariyadi
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

HALAMAN PENGESAHAN

Rafi Fajrul Ariyadi

IMPLEMENTASI *VARIATIONAL AUTOENCODER* (VAE) UNTUK
MENGATASI DATA *SPARSITY* PADA *DATASET* SISTEM REKOMENDASI
COLLABORATIVE FILTERING

Disetujui dan disahkan oleh tim pembimbing:

Pembimbing I



Mochamad Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom.

NIP 920190219910328101

Pembimbing II



Hendriyana, S.T., M.Kom.

NIP 920190219870504101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak



Mochamad Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom.

NIP 920190219910328101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rafi Fajrul Ariyadi
NIM : 2101565
Program Studi : Rekayasa Perangkat Lunak
Judul Karya : Implementasi *Variational Autoencoder* (VAE) untuk
Mengatasi Data *Sparsity* pada *Dataset* Sistem
Rekomendasi *Collaborative Filtering*

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, Agustus 2025



Rafi Fajrul Ariyadi
NIM: 2101565

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah rabbil ‘alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya yang tiada henti. Berkat pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas skripsi ini dengan lancar dan tepat waktu. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan umatnya hingga akhir zaman.

Perjalanan menyelesaikan skripsi ini merupakan pengalaman yang penuh makna, tantangan, dan pembelajaran. Penulis menyadari bahwa pencapaian ini tidak lepas dari peran banyak pihak yang senantiasa hadir dalam bentuk doa, semangat, bimbingan, serta cinta kasih yang tulus. Dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur yang mendalam, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ariyadi Rachman, S.H., dan Mariam Muhamad atas cinta yang tanpa syarat, dan senantiasa memberikan doa yang tiada henti, dukungan moril maupun materiel, dan kasih sayang yang tak terhingga. serta kesabaran dan pengorbanan yang menjadi cahaya dan kekuatan terbesar dalam setiap langkah hidup penulis. Terima kasih untuk segalanya.
2. Bapak Mochamad Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom., selaku dosen pembimbing pertama, yang telah dengan penuh dedikasi memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta ilmu yang sangat berarti selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Hendriyana, S.T., M.Kom., selaku dosen pembimbing kedua, yang dengan sabar dan teliti memberikan masukan yang membangun demi kesempurnaan penelitian ini.
4. Bapak Mochamad Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak, atas semangat, dukungan, dan

inspirasi yang senantiasa memotivasi penulis selama menempuh perkuliahan.

5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak, atas ilmu, bimbingan, dan semangat yang diberikan sepanjang masa perkuliahan.
6. Kepada teman-teman seperjuangan, Frahari, Genta, Thoriq, Harits, Deva, Hafidz, Adit, Dylee, dan Risyad atas dukungan emosional, waktu, serta kebersamaan yang sangat berarti.
7. Kepada teman-teman Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak UPI Kampus Cibiru Angkatan 21, terutama yang selalu hadir memberi semangat, berbagi tawa dan air mata, serta menjadi teman diskusi dalam proses penyusunan skripsi ini.
8. Kepada diri sendiri, yang telah bertahan, berjuang, tidak menyerah, dan terus berusaha meski dalam tekanan dan tantangan. Terima kasih untuk tetap percaya, untuk terus melangkah, dan untuk semua kerja keras yang akhirnya terbayar.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Namun, besar harapan penulis semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan menjadi pijakan bagi penelitian selanjutnya.

Semoga semua kebaikan yang telah diberikan oleh semua pihak dibalas dengan limpahan keberkahan oleh Allah SWT. Aamiin ya Rabbal 'alamin.

Bandung, 15 Agustus 2025

Rafi Fajrul Ariyadi

**IMPLEMENTASI *VARIATIONAL AUTOENCODER* (VAE) UNTUK
MENGATASI DATA *SPARSITY* PADA *DATASET* SISTEM
REKOMENDASI *COLLABORATIVE FILTERING***

RAFI FAJRUL ARIYADI

NIM 2101565

ABSTRAK

Sistem rekomendasi wisata berbasis *collaborative filtering* (CF) sering kali terkendala oleh masalah fundamental *data sparsity*, kondisi ini menyebabkan kelangkaan data interaksi menurunkan akurasi model-model klasik seperti *Singular Value Decomposition* (SVD) dan *Alternating Least Squares* (ALS). Penelitian ini mengusulkan penggunaan *Variational Autoencoder* (VAE), sebuah model generatif, sebagai metode augmentasi data yang mampu menghasilkan sinyal preferensi sintetis berkualitas tinggi, serta menunjukkan adanya sinergi yang kuat antara data yang diperkaya VAE dengan algoritma ALS. Metode penelitian yang digunakan adalah *Design Research Methodology* (DRM), yang mencakup perancangan model VAE untuk mempelajari representasi laten dari data interaksi yang memiliki tingkat *sparsity* 92.38%. Model VAE kemudian digunakan untuk menghasilkan interaksi pengguna-item sintetis yang berkualitas, sehingga menciptakan matriks interaksi yang lebih padat. Kualitas data hasil augmentasi divalidasi dengan menguji dampaknya terhadap kinerja model SVD dan ALS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa augmentasi data berbasis VAE berhasil meningkatkan performa kedua model CF tersebut. Peningkatan paling signifikan dan konsisten terjadi pada model ALS, yang skor NDCG@30-nya meningkat hingga 0.231 pada level augmentasi tertinggi. Kontribusi utama penelitian ini adalah mendemonstrasikan efektivitas VAE sebagai alat augmentasi data yang mampu menghasilkan sinyal preferensi sintetis berkualitas tinggi, serta menunjukkan adanya sinergi yang kuat antara data yang diperkaya VAE dengan algoritma ALS. Kesimpulannya, augmentasi data menggunakan VAE merupakan strategi yang kuat dan efektif untuk meningkatkan akurasi sistem rekomendasi CF yang sudah ada, khususnya dalam menangani *dataset* dengan tingkat *sparsity* yang tinggi.

Kata Kunci: Sistem Rekomendasi, Penyaringan Kolaboratif, Ketersebaran Data, *Variational Autoencoder*, Pembelajaran Mendalam.

**IMPLEMENTATION OF VARIATIONAL AUTOENCODER (VAE) TO
ADDRESS DATA SPARSITY IN A COLLABORATIVE FILTERING
RECOMMENDATION SYSTEM DATASET**

**RAFI FAJRUL ARIYADI
NIM 2101565**

ABSTRACT

Collaborative filtering (CF) based tourism recommender systems are often constrained by the fundamental problem of data sparsity, where the scarcity of interaction data degrades the accuracy of classic models such as Singular Value Decomposition (SVD) and Alternating Least Squares (ALS). This study proposes the use of a Variational Autoencoder (VAE), a generative model, as a data augmentation method capable of generating high-quality synthetic preference signals, and demonstrates the strong synergy between VAE-enriched data and the ALS algorithm. Employing the Design Research Methodology (DRM), a VAE model was designed to learn the latent representations from interaction data with a sparsity level of 92.38%. The VAE was then utilized to generate high-quality synthetic user-item interactions, creating a denser interaction matrix. The quality of the augmented data was validated by testing its impact on the performance of SVD and ALS models. The results show that VAE-based data augmentation successfully improved the performance of both CF models. The most significant and consistent improvement was observed in the ALS model, whose NDCG@30 score increased to 0.231 at the highest augmentation level. The main contribution of this research is demonstrating the effectiveness of VAE as a data augmentation tool capable of producing high-quality synthetic preference signals, as well as revealing a strong synergy between VAE-enriched data and the ALS algorithm. In conclusion, data augmentation using VAE is a robust and effective strategy for enhancing the accuracy of existing CF recommender systems, particularly when dealing with high-sparsity datasets..

Keywords: Recommendation System, Collaborative Filtering, Data Sparsity, Data Augmentation, Variational Autoencoder, Deep Learning.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat	4
1.5. Batasan	5
1.6. Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penelitian Terdahulu.....	7
2.2. Sistem Rekomendasi	11
2.3. <i>Collaborative Filtering</i>	12
2.3.1. <i>Singular Value Decomposition (SVD)</i>	15
2.3.2. <i>Alternating Least Squares (ALS)</i>	15
2.4. <i>Data Sparsity</i>	16
2.4.1 <i>Data Augmentation</i>	18
2.5. <i>Artificial Intelligence (AI)</i>	19
2.6. <i>Machine Learning</i>	20
2.7. <i>Deep Learning</i>	22
2.8. <i>Autoencoder</i>	23
2.9. <i>Variational Autoencoder (VAE)</i>	25
2.10. Matriks Evaluasi.....	28

2.10.1.	<i>Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG)</i>	29
2.10.2.	<i>Recall</i>	29
2.10.3.	<i>Precision</i>	30
BAB III METODE PENELITIAN.....		31
3.1.	Metode Penelitian.....	31
3.2.	Klarifikasi Penelitian.....	32
3.3.	Studi Deskriptif I.....	32
3.4.	Studi Preskriptif	32
3.4.1.	Pengembangan Model.....	33
3.4.2.	Pengumpulan Data	34
3.4.3.	Pra-pemrosesan Data (<i>Preprocessing</i>)	34
3.4.4.	Arsitektur <i>Variational Autoencoder (VAE)</i>	35
3.4.5.	<i>Hyperparameter tuning</i>	36
3.4.6.	Pelatihan dan Evaluasi Model.....	37
3.4.7.	Validasi Matriks Augmentasi	37
3.5.	Studi Deskriptif II	38
3.6.	Alat dan Bahan Penelitian.....	38
3.7.	Instrumen Penelitian.....	39
3.8.	Analisis Data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1.	Pengumpulan Data	41
4.2.	Pra-Pemrosesan Data (<i>Preprocessing Data</i>).....	46
4.3.	Pembuatan Model.....	47
4.4.	Pelatihan Model	48
4.5.	Evaluasi Model.....	49
4.6.	Analisis <i>Output</i> Model	52
4.7.	Augmentasi Data dan Penurunan <i>Sparsity</i>	54
4.8.	Validasi Kualitas Data Augmentasi	55
4.9.	Pembahasan Komparatif dan Implikasi Hasil Validasi	57
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		59
5.1.	Kesimpulan	59
5.2.	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN.....		71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat	38
Tabel 4.1 <i>Dataset Tourism Rating</i>	41
Tabel 4.2 <i>Dataset Tourism ID</i>	42
Tabel 4.3 <i>Dataset User</i>	43
Tabel 4.4 Rangkuman Dataset	43
Tabel 4.5 Pembagian Dataset	47
Tabel 4.6 Parameter Model VAE	49
Tabel 4.7 Matriks Evaluasi	51
Tabel 4.8 Perbandingan Matriks Asli dan Nilai Probabilistik Model	53
Tabel 4.9 Perbandingan Nilai <i>Sparsity</i>	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Sistem Rekomendasi	12
Gambar 2.2 Ilustrasi Sistem Rekomendasi <i>Collaborative Filtering</i>	13
Gambar 2.3 Jenis <i>Collaborative Filtering</i>	14
Gambar 2.4 Ilustrasi Hirarki <i>Artificial Intelegent</i>	20
Gambar 2.5 Ruang Lingkup <i>Artificial Intelegent</i>	21
Gambar 2.6 Ilustrasi Arsitektur VAE	26
Gambar 3.1 <i>Design Research Methodology</i> (DRM).....	31
Gambar 3.2 Alur Pengembangan Model.....	34
Gambar 3.3 Arsitektur Model VAE.....	36
Gambar 4.1 Distribusi Interaksi Pengguna	45
Gambar 4.2 Distribusi Jumlah Interaksi Tempat Wisata.....	45
Gambar 4.3 Grafik <i>Loss</i>	50
Gambar 4.4 Grafik Distribusi Skor Afinitas	52
Gambar 4.5 Grafik Hasil Matriks Evaluasi Model SVD	55
Gambar 4.6 Grafik Hasil Matriks Evaluasi Model ALS	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil <i>Hyperparameter tuning</i>	71
Lampiran 2 <i>Log</i> Pelatihan Model.....	73

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi-Moud, Z., Vahdat-Nejad, H., & Sadri, J. (2021). Tourism recommendation system based on semantic clustering and sentiment analysis. *Expert Systems with Applications*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114324>
- Adisti Yuliastrin, Vebrianto, R., Efendi, S., & Yovita. (2023). Pengembangan Instrumen Untuk Mengukur Keterampilan Kreatif Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Citra Bakti*, 10(2), 285–292. <https://doi.org/10.38048/jipcb.v10i2.1307>
- Alain, G., & Bengio, Y. (2014). *What Regularized Auto-Encoders Learn from the Data Generating Distribution*. <http://arxiv.org/abs/1211.4246>
- Al-Fahrezi, M. A. (2025). Pengaruh Augmentasi Data Terhadap Akurasi Pelatihan Model CNN untuk Klasifikasi Jenis Ikan. *JITSI : Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 6(2), 177–185. <https://doi.org/10.62527/jitsi.6.2.471>
- Andreanus, J., & Kurniawan, A. (2018). Sejarah, Teori Dasar dan Penerapan Reinforcement Learning: Sebuah Tinjauan Pustaka. *Jurnal Telematika*, 12(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.61769/telematika.v12i2.193>
- Angga Aditya Pratama, Yurika Permanasari, & Didi Suhaedi. (2024). Algoritma Deep learning menggunakan Backpropagation Neural Network. *Bandung Conference Series: Mathematics*, 4(1), 21–29. <https://doi.org/10.29313/bcsm.v4i1.15299>
- Asperti, A., Evangelista, D., & Loli Piccolomini, E. (2021). A Survey on Variational Autoencoders from a Green AI Perspective. *SN Computer Science*, 2(4). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00702-9>
- Azizah, D., Wibawa, A., & Budiarto, L. (2021). Hakikat Epistemologi Artificial Intelligence. *Jurnal Inovasi Teknologi dan Edukasi Teknik*, 1(8), 592–598. <https://doi.org/10.17977/um068v1i82021p592-598>
- Bahri, S. (2021). *Aplikasi Pencarian Bahan Pustaka Di Perpustakaan Menggunakan Metode Vector Space Model*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234209195>
- Bayu Sasongko, T., & Amrullah, A. (2023). Analisis Efek Augmentasi Dataset Dan Fine Tune Pada Algoritma Pre-Trained Convolutional Neural Network (CNN). 10(4), 763–768. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2023106583>
- Behera, G., Swain, B. K., Soni, R. K., & Parmar, J. (2024). VAEMRS: Variational Autoencoder Based Movie Recommender System. *Journal of*

- Engineering Science and Technology Review*, 17(6), 23–29.
<https://doi.org/10.25103/jestr.176.04>
- Belani, S. (2023). Artificial Intelgencesebuah Inovasi Baru Menjualproduk(Membandingkan Keunggulan Fb, Wa, Instagram, Telegram Dan Youtube). *Lentera: Multidisciplinary Studies*, 1(2).
<https://doi.org/doi.org/10.57096/lentera.v1i2.28>
- Belete, D. M., & Huchaiah, M. D. (2022). Grid search in hyperparameter optimization of machine learning models for prediction of HIV/AIDS test results. *International Journal of Computers and Applications*, 44(9), 875–886. <https://doi.org/10.1080/1206212X.2021.1974663>
- Bobadilla, J., Ortega, F., Gutiérrez, A., & González-Prieto, Á. (2023). Deep variational models for collaborative filtering-based recommender systems. *Neural Computing and Applications*, 35(10), 7817–7831.
<https://doi.org/10.1007/s00521-022-08088-2>
- Boquet, G., Vicario, J. L., Morell, A., & Serrano, J. (2019). Missing Data in Traffic Estimation: A Variational Autoencoder Imputation Method. *International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, 465. <https://doi.org/10.1109/ICASSP35589.2019>
- Charte, D., Charte, F., del Jesus, M. J., & Herrera, F. (2019). A Showcase of the Use of Autoencoders in Feature Learning Applications. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11487 LNCS, 412–421. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19651-6_40
- Chen, X., & Li, S. (2025). *PH-VAE: A Polynomial Hierarchical Variational Autoencoder Towards Disentangled Representation Learning*. <http://arxiv.org/abs/2502.02856>
- Chen. YiBo, Wu, C., Xie, M., & Guo, X. (2011). Solving the Sparsity Problem in Recommender Systems Using Association Retrieval. *Journal Of Computers*, 6(9). <https://doi.org/doi:10.4304/jcp.6.9.1896-1902>
- Choi, S. M., Lee, D., Jang, K., Park, C., & Lee, S. (2023). Improving Data Sparsity in Recommender Systems Using Matrix Regeneration with Item Features. *Mathematics*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/math11020292>
- Dang, Y., Yang, E., Liu, Y., Guo, G., Jiang, L., Zhao, J., & Wang, X. (2024). *Data Augmentation for Sequential Recommendation: A Survey*. <http://arxiv.org/abs/2409.13545>
- Dewi, M. M. (2022). Optimasi Pearson Correlation untuk Sistem Rekomendasi menggunakan Algoritma Firefly. *JURNAL INFORMATIKA*, 9(1), 1–5. <https://grouplens.org/datasets/movielens/>.

- Drif, A., Zerrad, H. E., & Cherifi, H. (2020). Ensvae: Ensemble variational autoencoders for recommendations. *IEEE Access*, 8, 188335–188351. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3030693>
- Fayyaz, Z., Ebrahimian, M., Nawara, D., Ibrahim, A., & Kashef, R. (2020). Recommendation systems: Algorithms, challenges, metrics, and business opportunities. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(21), 1–20. <https://doi.org/10.3390/app10217748>
- Februariyanti, H., Dwi Laksono, A., Sasongko Wibowo, J., & Siswo Utomo, M. (2021). *Implementasi Metode Collaborative Filtering Untuk Sistem Rekomendasi Penjualan Pada Toko Mebel*. www.unisbank.ac.id
- Feugang Nteumagné, B., Azemtsa Donfack, H., & Wafo Soh, C. (2025). Variational Autoencoders for Completing the Volatility Surfaces. *Journal of Risk and Financial Management*, 18(5). <https://doi.org/10.3390/jrfm18050239>
- Grasedyck, L., & Krämer, S. (2019). Stable ALS approximation in the TT-format for rank-adaptive tensor completion. *Numerische Mathematik*, 143(4), 855–904. <https://doi.org/10.1007/s00211-019-01072-4>
- Guedes da Silva, J. F., de Moura Junior, N. N., & Pereira Caloba, L. (2018). *Effects of Data Sparsity on Recommender Systems based on Collaborative Filtering*.
- Guo, G. (2012). LNCS 7379 - Resolving Data Sparsity and Cold Start in Recommender Systems. Dalam *LNCS* (Vol. 7379). Springer-Verlag.
- Hafidz Azis, A. M., Saputra, Y., Muhammad, A., & Azis, H. (2023). Journal Elektronik Sistem InformasI (JESII) Universitas Kebangsaan Republik Indonesia (UKRI) Comparative Analysis of Variational Autoencoder (VAE) and Generative Adversarial Network (GAN) Algorithms for image classification. *Journal Elektronik Sistem InformasI(JESII)*, 1(2). <https://doi.org/10.31848/jesii.xxxx.xxxx>
- Han, K., Wen, H., Shi, J., Lu, K.-H., Zhang, Y., & Liu, Z. (2017). *Variational Autoencoder: An Unsupervised Model for Modeling and Decoding fMRI Activity in Visual Cortex*. <https://doi.org/10.1101/214247>
- Hartatik, H., Sejati, B. P., Nur Fitrianto, A., & Widayani, W. (2021). A Comparison Study of Model Based Collaborative Filtering Using Alternating Least Square and Singular Value Decomposition. *2021 3rd International Conference on Electronics Representation and Algorithm (ICERA)*, 185–190. <https://doi.org/10.1109/ICERA53111.2021.9538709>
- He, X., Zhang, H., Kan, M.-Y., & Chua, T.-S. (2016). Fast matrix factorization for online recommendation with implicit feedback. *Proceedings of the 39th International ACM SIGIR conference on Research and Development in Information Retrieval*, 549–558.

- Hikmawati, E., Nugroho, H., & Surendro, K. (2024). Improve the Quality of Recommender Systems based on Collaborative Filtering with Missing Data Imputation. *ACM International Conference Proceeding Series*, 75–80. <https://doi.org/10.1145/3651781.3651793>
- Hu, Y., Koren, Y., & Volinsky, C. (2008). Collaborative Filtering for Implicit Feedback Datasets. *2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining*, 263–272. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2008.22>
- Jansen, M. (2019). Sparsity. Dalam *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online* (hlm. 1–8). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat08211>
- Khare, N., Singh Thakur, P., Khanna(B), P., & Ojha, A. (2022). Analysis of Loss Functions for Image Reconstruction Using Convolutional Autoencoder. Dalam B. Raman, S. Murala, A. Chowdhury, A. Dhall, & P. Goyal (Ed.), *Computer Vision and Image Processing (CVIP 2021)* (Vol. 1568, hlm. 338–349). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-11349-9>
- Koren, Y., Bell. Robert, & Volinsky, C. (2009). Matrix Factorization Techniques For Recommender Systems. *Computer*, 42(8). <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/MC.2009.263>
- Ladjal, S., Newson, A., & Pham, C.-H. (2019). *A PCA-like Autoencoder*. <http://arxiv.org/abs/1904.01277>
- Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Li, B., He, J., Neubig, G., Berg-Kirkpatrick, T., & Yang, Y. (2019). A Surprisingly Effective Fix for Deep Latent Variable Modeling of Text. *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP)*, 3603–3614. <https://doi.org/10.18653/v1/D19-1370>
- Maharani, H. (2015). Rancangan Sistem Rekomendasi Game Dengan Model-Based Collaboration Filtering. *Jurnal Telematika*, 6(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.61769/telematika.v6i1.40>
- Mahendra Wiputra, M., & Jauhari Shandi, Y. (2021). Perancangan Sistem Rekomendasi Menggunakan Metode Collaborative Filtering Dengan Studi Kasus Perancangan Website Rekomendasi Film. Dalam *Media Informatika* (Vol. 20, Nomor 1).
- Mai Ngoc, K. (2020). Finding the Best k for the Dimension of the Latent Space in Autoencoders. Dalam N. T. Nguyen, B. H. Hoang, C. P. Huynh, D. Hwang, B. Trawiński, & G. Vossen (Ed.), *Computational Collective Intelligence (ICCCI 2020)* (Vol. 12496). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-63007-2>

- Mangunsong, A. R., Rizky Simangunsong, A., Sihombing, V., & Munthe, I. R. (2024). Pengembangan Sistem Rekomendasi Produk Berdasarkan Pola Pembelian dengan Pendekatan Algoritma Apriori. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, 7(1), 82–86.
- Martin, :, & Nilawati, L. (2019). *Recall dan Precision Pada Sistem Temu Kembali Informasi Online Public Access Catalogue (OPAC) di Perpustakaan*. 21(1), 77–84. <https://doi.org/10.31294/p.v20i2>
- Mehta, R., & Rana, K. (2019). Evolution of singular value decomposition in recommendation systems: a review. *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, 14(4), 528–547.
- Meira, D., Viterbo, J., & Bernardini, F. (2018). An experimental analysis on scalable implementations of the alternating least squares algorithm. *Proceedings of the 2018 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2018*, 351–359. <https://doi.org/10.15439/2018F166>
- Moniz, N., Torgo, L., & Vinagre, J. (2016). *Data-Driven Relevance Judgments for Ranking Evaluation*. <http://arxiv.org/abs/1612.06136>
- Munawar, Z., Herdiana, Y., Indah Putri, N., Informatika, M., Informatika, T., Bandung, I., & Bale Bandung, U. (2021). *Sistem Rekomendasi Hibrid Menggunakan Algoritma Apriori Mining Asosiasi* (Vol. 8, Nomor 1).
- Nahta, R., Meena, Y. K., Gopalani, D., & Chauhan, G. S. (2021). Two-step hybrid collaborative filtering using deep variational Bayesian autoencoders. *Information Sciences*, 562, 136–154. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2021.01.083>
- Nasy'an Taufiq Al Ghifari, Benhard Sitohang, & Gusti Ayu Putri Saptawati. (2021). Addressing Cold Start New User in Recommender System Based on Hybrid Approach: A review and bibliometric analysis. *IT Journal Research and Development*, 6(1), 1–16. [https://doi.org/10.25299/itjrd.2021.vol6\(1\).6118](https://doi.org/10.25299/itjrd.2021.vol6(1).6118)
- Natarajan, S., Vairavasundaram, S., Natarajan, S., & Gandomi, A. H. (2020). Resolving data sparsity and cold start problem in collaborative filtering recommender system using Linked Open Data. *Expert Systems with Applications*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113248>
- Nielsen, F. (2022). The Kullback–Leibler Divergence Between Lattice Gaussian Distributions. Dalam *Journal of the Indian Institute of Science* (Vol. 102, Nomor 4, hlm. 1177–1188). Springer. <https://doi.org/10.1007/s41745-021-00279-5>
- Nurhalizah, R. S., Ardianto, R., & Purwono, P. (2024). Analisis Supervised dan Unsupervised Learning pada Machine Learning: Systematic

- Literature Review. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 4(1), 61–72.
<https://doi.org/10.54082/jiki.168>
- Nuril Adlan, M., & Budi Setiawan, E. (2025, Februari). Sistem Rekomendasi Destinasi Wisata di Kota Bandung dengan Collaborative Filtering Menggunakan K-Nearest Neighbors. *e-Proceeding of Engineering*.
- Panarto, F. A., Phanghegar, T. M., Gunardi, V., & Cenggoro, T. W. (2024). Leveraging user-item interactions and hotel characteristics for hotel recommendations in Indonesia with graph neural networks. *Procedia Computer Science*, 245, 710–719.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.10.297>
- Parwita, W. G. S. (2019). Pengujian Akurasi Sistem Rekomendasi Berbasis Content-Based Filtering. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 14(1), 27. <https://doi.org/10.30872/jim.v14i1.1272>
- Pasca Nugraha, M., & Rinaldi Munir, I. M. (2011). Pengembangan Aplikasi QR Code Generator dan QR Code Reader dari Data Berbentuk Image. *Konferensi Nasional Informatika – KNIF 2011*, 148–149.
- Pawar, K., & Z. Attar, V. (2019). Assessment of Autoencoder Architectures for Data Representation. *Deep Learning: Concepts and Architectures*, 866, 101–132. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-31756-0_4
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77.
<https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>
- Prabandari, S. (2024). Pemanfaatan Artificial Intelligence Untuk Mendukung Pembelajaran Vokasi. *ENCRYPTION: Journal of Information And Technology*.
- Prastyanti, R. A., Purnomo, S., & Al-Shami, S. A. H. (2024). Pelatihan penggunaan Artificial Intelligence untuk Penelitian Mahasiswa. *Jurnal Abdi Masya*, 5(2), 87–96.
<https://doi.org/https://doi.org/10.52561/abdimaasya.v5i2.379>
- Pratama, Y. A., Wijaya, D., Liem, P., & Halim, A. (2013). Digital Cakery dengan Algoritma Collaborative Filtering. *Jurnal SIFO Mikroskil*, 14(1), 79–88. <https://doi.org/10.55601/jsm.v14i1.94>
- Purnama Sari, E., Bachri, S. M., Atnang, M., Fajar, N., Studi Teknologi Informasi, P., Sains Teknologi dan Kesehatan, F., Sains Teknologi dan Kesehatan, I., & Kendari, A. (2024). Studi Literatur Deep Learning dan Machine Learning untuk Analisis dan Prediksi Pasar Saham: Metodologi, Representasi Data dan Studi Kasus. Dalam *Jurnal Teknologi dan Sains Modern* (Vol. 1, Nomor 1).
<https://journal.scitechgrup.com/index.php/jtsm>

- Rahma, I. A., & Suadaa, L. H. (2023). Penerapan Text Augmentation untuk Mengatasi Data yang Tidak Seimbang pada Klasifikasi Teks Berbahasa Indonesia. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 10(6), 1329–1340. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2023107325>
- Raup, A., Ridwan, W., Khoeriyah, Y., & Yuliaty Zaqiah, Q. (2022). Deep Learning dan Penerapannya dalam Pembelajaran. *JiIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)*, 5(9), 3258–3267. <https://doi.org/https://doi.org/10.54371/jiip.v5i9.805>
- Riswan, D., Putra, H. Eko. R., & Saputra, R. N. (2024). *Pengembangan Sistem Rekomendasi Berbasis Kecerdasan Buatan Untuk Meningkatkan Pengalaman Pengguna Di Platform E-Commerce*. 2(3). <https://doi.org/doi.org/10.62712/juktisi.v2i3.145>
- Roihan, A., Abas Sunarya, P., & Rafika, A. S. (2019). IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology) Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 5(1), 75–82. <https://doi.org/10.31294/ijcit.v5i1.7951>
- Roihan, A., Abas Sunarya, P., & Rafika, A. S. (2020). IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology) Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 5(1), 75–82. <https://doi.org/https://doi.org/10.31294/ijcit.v5i1.7951>
- Saifudin, I., & Widiyaningtyas, T. (2024). Systematic Literature Review on Recommender System: Approach, Problem, Evaluation Techniques, Datasets. *IEEE Access*, 12, 19827–19847. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3359274>
- Sandrya, V., & Arisandi, D. (2022). Sistem Rekomendasi Film Menggunakan Metode Multiple Attribute Utility Theory. Dalam *Computatio: Journal of Computer Science and Information Systems* (Vol. 6, Nomor 1).
- Santoso, R. (2024). Augmentasi Data pada Prasasti Logam untuk Deteksi Aksara Kawi. *JURNAL FASILKOM*, 14(1), 234–241. <https://doi.org/https://doi.org/10.37859/jf.v14i1.6952>
- Sarwar, B., Karypis, G., Konstan, J., & Riedl, J. (2001). Item-based collaborative filtering recommendation algorithms. *Proceedings of the 10th International Conference on World Wide Web*, 285–295. <https://doi.org/10.1145/371920.372071>
- Schafer, B. (2007). *LNCS 4321 - Collaborative Filtering Recommender Systems*. <https://www.researchgate.net/publication/200121027>
- Sharma, S., Rana, V., & Malhotra, M. (2022). Automatic recommendation system based on hybrid filtering algorithm. *Education and Information*

- Technologies*, 27(2), 1523–1538. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10643-8>
- Takács, G., Németh, B., Frasconi, P., Kersting, K., Toivonen, H., & Tsuda, K. (2009). Scalable Collaborative Filtering Approaches for Large Recommender Systems István Pilászy * Domonkos Tikk *. Dalam *Journal of Machine Learning Research* (Vol. 10). <http://sifter.org/>
- Telaumbanua, F. D., Hulu, P., Zulfiter Nadeak, T., Romeo Lumbantong, R., & Dharma, A. (2019). Penggunaan Machine Learning. *Jutikomp : Jurnal Teknologi dan Ilmu komputer Prima*, 2(2). <https://doi.org/10.34012/JUTIKOMP.V2I2.657>
- Theodorus, D., Defit, S., & Widi Nurchayo, G. (2021). Jurnal Informasi dan Teknologi Machine Learning Rekomendasi Produk dalam Penjualan Menggunakan Metode Item-Based Collaborative Filtering. *Jurnal Informasi dan Teknologi*, 3(4), 202–208. <https://doi.org/10.37034/jidt.v3i4.151202>
- Valizadegan, H., Jin, R., Zhang, R., & Mao, J. (2009). *Learning to Rank by Optimizing NDCG Measure*.
- Vozalis, M. G., & Margaritis, K. G. (2005). Applying SVD on item-based filtering. *5th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA'05)*, 464–469. <https://doi.org/10.1109/ISDA.2005.25>
- Wei, R., Garcia, C., El-Sayed, A., Peterson, V., & Mahmood, A. (2020). Variations in Variational Autoencoders - A Comparative Evaluation. *IEEE Access*, 8, 153651–153670. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3018151>
- Wickramasinghe, C. S., Marino, D. L., & Manic, M. (2021). ResNet Autoencoders for Unsupervised Feature Learning from High-Dimensional Data: Deep Models Resistant to Performance Degradation. *IEEE Access*, 9, 40511–40520. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3064819>
- Yang, H., Yun, L., Cao, J., Lu, Q., & Tu, Y. (2024). *Optimization and Scalability of Collaborative Filtering Algorithms in Large Language Models*.
- Yulian Pamuji, F., Rofiqul Muslikh, A., Muhammad Arief, R., & Muti, D. (2024). JIP (Jurnal Informatika Polinema) Komparasi Metode Mean Dan Knn Imputation Dalam Mengatasi Missing Value Pada Dataset Kecil. *JIP: Jurnal Informatika Polinema*, 10(2). <https://doi.org/doi.org/10.33795/jip.v10i2.5031>
- Zeng, W. (2024). Image data augmentation techniques based on deep learning: A survey. Dalam *Mathematical Biosciences and Engineering* (Vol. 21,

Nomor 6, hlm. 6190–6224). American Institute of Mathematical Sciences. <https://doi.org/10.3934/mbe.2024272>

Zhang, J. (2024). Classification and Comparison of Data Augmentation Techniques. Dalam *Transactions on Computer Science and Intelligent Systems Research* (Vol. 6).

Zheng, Z., & Sun, L. (2019). Disentangling latent space for vae by label relevant/irrelevant dimensions. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2019-June*, 12184–12193. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.01247>