

Pendekatan Algoritma Klasifikasi *Machine Learning* untuk Deteksi Penyakit Demensia

Muhammad Iqbal^{1*}, Hendri Mahmud Nawawi², Muhammad Rezki³, Abdul Hamid⁴, Sri Rahayu⁵

¹Program Studi Teknik Informatika Kampus Pontianak, Fakultas Teknik dan Informatika,
Universitas Bina Sarana Informatika
Jl. Kramat Raya No. 98 Senen, Jakarta Pusat-10420, Indonesia

^{2,3,5}Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Nusa Mandiri
Jl. Raya Jatiwaringin No.2, Cipinang Melayu, Makasar, Jakarta Timur, 13620, Indonesia

⁴Program Studi Sistem Informasi Kampus Bogor, Fakultas Teknik dan Informatika,
Universitas Bina Sarana Informatika
Jl. Kramat Raya No. 98 Senen, Jakarta Pusat-10420, Indonesia

e-mail: iqbal.mdq@bsi.ac.id, hendri.hiw@nusamandiri.ac.id, muhammad.mdk@nusamandiri.ac.id
hamid.adh@bsi.ac.id, sriahayu.rry@nusamandiri.ac.id

(* Corresponding Author

Artikel Info : Diterima : 25-05-2023 | Direvisi : 22-06-2023 | Disetujui : 26-07-2023

Abstrak - Deteksi dini penyakit demensia melalui penggunaan algoritma klasifikasi machine learning menjadi penting untuk memberikan intervensi yang tepat kepada pasien. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja beberapa algoritma klasifikasi machine learning dalam mendeteksi penyakit demensia menggunakan metode seleksi atribut. Pada tahap awal, data pasien yang meliputi riwayat medis, hasil tes kognitif, dan atribut lainnya dikumpulkan sebagai input, algoritma seleksi atribut digunakan untuk memilih subset atribut yang paling informatif dalam mendeteksi penyakit demensia. Subset atribut yang digunakan sebagai input untuk melatih model klasifikasi machine learning, beberapa algoritma klasifikasi seperti Extra Trees (ET), Linear Discriminant Analysis (LDA), Random Forest (RF) dan Ridge. Dalam penelitian ini, akurasi digunakan sebagai metrik utama untuk membandingkan kinerja algoritma. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa algoritma Random Forest (RF) menghasilkan kinerja terbaik dengan akurasi sebesar 91.56%. Algoritma Extra Trees (ET) memiliki akurasi yang hampir sebanding dengan 91.44%, sementara Ridge dan Linear Discriminant Analysis (LDA) memiliki akurasi masing-masing sebesar 90.44%. Dalam konteks deteksi penyakit demensia, kinerja algoritma Random Forest dengan metode seleksi atribut terbukti menjadi yang terbaik dengan akurasi 91.56%. Hasil ini menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu mengenali pola dan hubungan yang kompleks antara fitur-fitur yang relevan dengan status demensia. Penggunaan metode seleksi atribut juga berkontribusi pada peningkatan akurasi dan efisiensi algoritma klasifikasi.

Kata Kunci : Pembelajaran Mesin, Klasifikasi, Demensia

Abstracts - Early detection of dementia through the use of machine learning classification algorithms is important for providing appropriate interventions to patients. In this context, this study aims to compare the performance of several machine learning classification algorithms in detecting dementia using the attribute selection method. In the early stages, patient data including medical history, cognitive test results, and other attributes were collected as input, an attribute selection algorithm was used to select the most informative attribute subset in detecting dementia. The subset of attributes used as input for training machine learning classification models, several classification algorithms such as Extra Trees (ET), Linear Discriminant Analysis (LDA), Random Forest (RF) and Ridge. In this study, accuracy is used as the main metric to compare algorithm performance. The evaluation results show that the Random Forest (RF) algorithm produces the best performance with an accuracy of 91.56%. The Extra Trees (ET) algorithm has an almost comparable accuracy of 91.44%, while Ridge and Linear Discriminant Analysis (LDA) have an accuracy of 90.44% respectively. In the context of dementia detection, the performance of the Random Forest algorithm with the attribute selection method proved to be the best with an accuracy of 91.56%. These results indicate that the developed model is capable of recognizing complex patterns and relationships between features that are relevant to dementia status.



The use of the attribute selection method also contributes to increasing the accuracy and efficiency of the classification algorithm.

Keywords : Machine learning, classification, dementia.

PENDAHULUAN

Machine Learning (ML) dianggap sebagai salah satu metode terkini dalam melakukan prediksi, identifikasi, dan pengambilan keputusan tanpa intervensi manusia. Dalam industri medis, ML telah mengalami perkembangan pesat, mulai dari diagnosis penyakit hingga visualisasi kondisi penyakit dan penelitian tentang penyebaran penyakit (Battineni et al., 2019). Pengetahuan yang ditemukan juga dapat dimanfaatkan oleh tenaga medis untuk mengurangi efek samping obat dengan memberikan rekomendasi terapi yang lebih ekonomis namun memiliki efek yang sama dengan pilihan alternatif yang beragam (Iriadi et al., 2021). Pemanfaatan ML dalam melakukan prediksi terhadap penyakit dimensia telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan menggunakan berbagai model *machine learning*. Sistem diagnostik otomatis yang menggunakan teknik *machine learning* telah diajukan dalam literatur untuk melakukan prediksi dini terhadap dimensia (Javeed et al., 2023). *Machine learning* dapat didefinisikan sebagai aplikasi komputer dan algoritma matematika yang diadopsi dengan cara pembelajaran yang berasal dari data dan menghasilkan prediksi di masa yang akan datang (Goldberg & Holland, 1988). Sedangkan algoritma merupakan serangkaian langkah atau urutan yang digunakan untuk melakukan perhitungan atau dapat pula diterapkan guna menyelesaikan masalah secara sistematis dan berurutan (Zakiyah et al., 2022). Adapun proses pembelajaran yang dimaksud adalah suatu usaha dalam memperoleh kecerdasan yang melalui dua tahap antara lain latihan (training) dan pengujian (testing) (Roihan et al., 2020).

Demensia adalah gangguan neuropsikiatri otak yang biasanya terjadi ketika satu atau lebih sel otak berhenti bekerja sebagian atau seluruhnya (Faouri et al., 2022). Demensia telah dikenal secara luas dan mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan bertambahnya usia. Gangguan ini merusak pemikiran, ingatan, dan penilaian seseorang secara permanen, dan menyebabkan penurunan kemampuan kognitif (Salunkhe & Chavan, 2023). Saat ini, terdapat sekitar 46,8 juta individu yang menderita demensia di seluruh dunia. Namun, perkiraan menunjukkan bahwa jumlah tersebut diperkirakan akan meningkat menjadi 131,5 juta pada tahun 2050 (Sharma & Bansal, 2023).

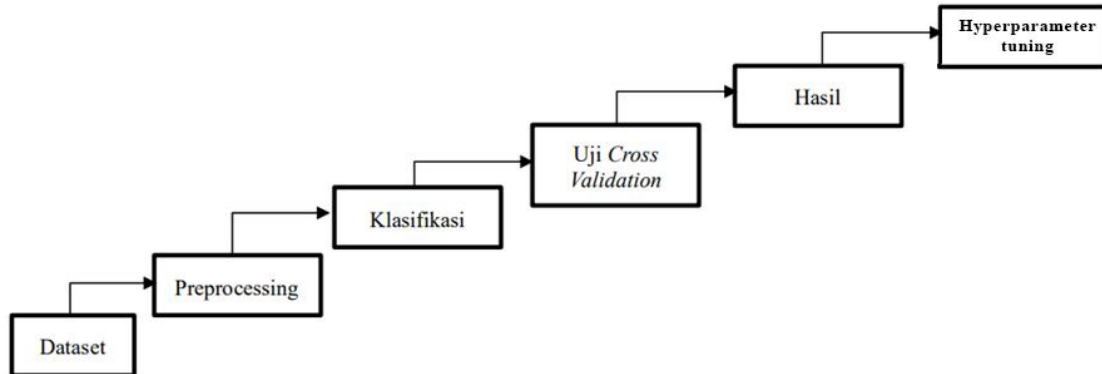
Penelitian ini melakukan pengujian terhadap sejumlah model *machine learning* dalam melakukan klasifikasi terhadap gejala penyakit dimensia berdasarkan dataset publik yang bersumber dari kaggle. Metode klasifikasi adalah pendekatan yang digunakan untuk mencari model data yang dapat memprediksi kelas target tertentu (Wildah et al., 2020). Klasifikasi gangguan kognitif yang akurat tidak hanya bermanfaat bagi individu tetapi juga penting untuk dunia medis terutama dalam menentukan tipe atau jenis pengobatan (Faouri et al., 2022). Selain itu identifikasi dan diagnosis dini demensia dapat membantu menghentikan perkembangan penyakit dan meminimalkan stres dan morbiditas pada pasien dan perawat (Maheshwari et al., 2022). Dalam tahap penelitian kami, kami telah menguji beberapa metode untuk mengklasifikasikan data. Setelah melakukan evaluasi, kami menemukan empat metode yang paling baik, yaitu model Extra Tree, Linear Discriminant Analysis, Random Forest, dan Ridge. Kami mengusulkan menggunakan beberapa metrik evaluasi untuk menentukan model klasifikasi terbaik dari yang telah kami uji. Metrik-metrik tersebut termasuk nilai akurasi, AUC (Area Under Curve), recall, precision, dan f1-score. Dengan menggunakan metrik-metrik evaluasi ini, kami dapat membandingkan dan mengevaluasi performa masing-masing model yang diuji coba dan memilih model klasifikasi terbaik berdasarkan hasil evaluasi tersebut.

Penelitian terkait dengan judul *Machine learning in medicine: Performance calculation of dementia prediction by support vector machines* (SVM), Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan *Support Vector Machine* (SVM) dalam memprediksi demensia dan memvalidasi kinerjanya melalui analisis statistik. Data diperoleh dari koleksi longitudinal *Open Access Series of Imaging Studies* (OASIS-2) sebanyak 150 subjek dari 373 data MRI. Hasil memberikan bukti bahwa nilai kinerja yang lebih baik untuk prediksi demensia dicapai dengan nilai gamma rendah ($1.0E-4$) dan nilai regularisasi tinggi ($C=100$). Pendekatan yang diusulkan terbukti mencapai akurasi dan presisi sebesar 68,75% dan 64,18% (Battineni et al., 2019).

Penelitian terkait yang berjudul *Early Prediction of Dementia Using Feature Extraction Battery (FEB) and Optimized Support Vector Machine (SVM) for Classification* membahas Hyperparameter SVM dikalibrasi dengan menggunakan pendekatan pencarian grid. Terbukti dari hasil eksperimen bahwa model yang baru diusulkan (FEB-SVM) meningkatkan akurasi prediksi demensia dari SVM konvensional sebesar 6%. Model yang diusulkan (FEB-SVM) diperoleh akurasi 98,28% pada data pelatihan dan akurasi pengujian 93,92%. Seiring dengan akurasi, model yang diusulkan memperoleh presisi 91,80%, recall 86,59, skor F1 89,12%, dan koefisien korelasi Matthew (MCC) 0,4987. Selain itu, model yang baru diusulkan (FEB-SVM) mengungguli 12 model ML canggih yang baru-baru ini disajikan oleh para peneliti untuk prediksi demensia (Javeed et al., 2023).

METODE PENELITIAN

Diagram alur menunjukkan langkah-langkah metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini :



Sumber: Penelitian (2023)

Gambar 1. Metodologi Penelitian

Berikut adalah tahapan umum dalam metode penelitian dari penelitian yang kami usulkan:

1. Dataset

Dalam penelitian ini, dataset dementia yang diperoleh dari website Kaggle digunakan sebagai bahan utama yang akan diolah menggunakan algoritma. Dataset dementia ini terdiri dari 15 atribut, seperti subject id, MRI ID, Group, Visit, MR Delay, M/F, Hand, Age, EDUC, SES, MMSE, CDR, eTIV, nWBV, dan ASF. Informasi rinci mengenai atribut-atribut ini dijelaskan dalam tabel 1 berikut:

Tabel 1. Keterangan dataset

No	Atribut	Keterangan
1	<i>subject id</i>	Identifikasi entitas
2	<i>MRI ID</i>	No unik pasien
3	<i>Group</i>	Grup
4	<i>Visit</i>	Kunjungan
5	<i>MR Delay</i>	Jeda
6	<i>M/F</i>	Jenis kelamin
7	<i>Hand</i>	Jenis tangan
8	<i>Age</i>	Umur
9	<i>EDUC</i>	Pendidikan
10	<i>SES</i>	Status sosial
11	<i>MMSE</i>	Alat proses penilaian kognitif
12	<i>CDR</i>	<i>Clinical Dementia Rating</i>
13	<i>eTIV</i>	<i>Estimated Total Intracranial Volume</i>
14	<i>nWBV</i>	<i>normalized Whole Brain Volume</i>
15	<i>ASF</i>	<i>Autism Spectrum Disorder Foundation</i>

Sumber: (Kaggle, 2021)

2. Preprocessing

Sebelum menjalankan proses klasifikasi, langkah awal yang dilakukan adalah preprocessing untuk mempermudah interpretasi. Dalam penelitian ini, tahap *preprocessing* melibatkan seleksi atribut, Dalam proses *data mining* pemilihan atau seleksi atribut merupakan tahapan yang penting untuk memilih atribut-atribut yang relevan dari dataset yang di teliti (Efendi & Wibawa, 2018). Pada tahapan *preprocessing* penelitian ini melakukan seleksi atribut yang dianggap penting untuk mengkategorikan dimensia atau tidak. Penelitian ini menentukan kategori *Demented* dan *Nondemented* berdasarkan lima atribut inputan yaitu *age*, *CDR*, *MMSE*, *MR Delay* dan *nWBV*. Berikut adalah atribut-atribut *preprocessing* dengan seleksi atribut pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Preprocessing

Age	CDR	MMSE	MR Delay	nWBV	Group
87	0.0	27	0	0.696	Nondemented
88	0.0	30	457	0.681	Nondemented
75	0.5	23	0	0.736	Demented
76	0.5	28	560	0.713	Demented
80	0.5	22	1895	0.701	Demented

Sumber: Penelitian (2023)

3. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan tugas yang melibatkan pelatihan atau pembelajaran terhadap fungsi target yang menghubungkan setiap himpunan atribut/fitur dengan sejumlah label kelas yang tersedia (Nawawi et al., 2019). Dalam konteks ini, klasifikasi juga dapat diartikan sebagai proses menilai objek data agar dapat diklasifikasikan ke dalam salah satu kelas yang tersedia.

4. Uji Cross Validation

Cross validation adalah sebuah metode pengujian standar yang digunakan untuk memprediksi tingkat kesalahan (*error rate*) dan melakukan evaluasi kinerja pada suatu model atau algoritma. Salah satu jenis *cross validation* yang umum digunakan adalah *K-Fold Cross Validation*. Metode ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja suatu algoritma dengan membagi sampel data menjadi K kelompok yang saling *overlap* secara acak di mana data dibagi menjadi 10 bagian, dengan 90% digunakan sebagai data *training* dan 10% sisanya digunakan sebagai data *testing*. Proses ini diulang sebanyak 10 kali sehingga setiap record data memiliki kesempatan menjadi data *testing* (Indrayanti et al., 2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam rangkaian metode penelitian ini, kita memperoleh pemahaman bahwa preprocessing dijalankan menggunakan dua metode, yaitu seleksi atribut dan normalisasi. Selanjutnya, hasil preprocessing ini diaplikasikan pada empat model klasifikasi yang berbeda. Dalam penelitian ini, terdapat tiga kelas yang diklasifikasikan, yaitu Nondemented (a), Demented (b) dan Converted (c). Selanjutnya, hasil dari pengujian masing-masing algoritma ini akan diungkapkan secara detail dalam pembahasan berikutnya.

1. Hasil Pengujian Algoritma

Pada penelitian sebelumnya yang diambil sebagai acuan menggunakan proses seleksi fitur pada tiga kelas, yaitu Nondemented, Demented dan Converted yang disajikan pada tabel 3 dengan algoritma yang diuji diantaranya *Extra Trees*, *Linier Discriminant Analysis*, *Random Forest*, dan *Ridge*.

Tabel 3. Hasil Pengujian Algoritma

Model	Accuracy	AUC	Recall	Prec.	F1
<i>Random Forest</i>	0.9156	0.8606	0.9156	0.8473	0.8778
<i>Extra Tree</i>	0.9144	0.8665	0.9144	0.8597	0.8822
<i>Ridge</i>	0.9144	0.0000	0.9044	0.8273	0.8618
<i>Linear Discriminant Analysis</i>	0.9044	0.8553	0.9044	0.8273	0.8618

Sumber: Penelitian (2023)

Pada tabel 3 disajikan grafik algoritma akurasi algoritma-algoritma yang digunakan dalam melakukan klasifikasi penelitian ini diantaranya *Extra Tree*, *Linear Discriminant Analysis*, *Random Forest* dan *Ridge*, dengan preprocessing menggunakan seleksi atribut. Akurasi hasil dari pembelajaran mesin pada dataset demencia adalah metode *Random Forest* sebesar 0.9156.

2. Hasil pengujian algoritma dengan Hyperparameter Tuning

Hyperparameter tuning adalah proses mengoptimalkan pengaturan atau konfigurasi dari sebuah algoritma atau model mesin dengan memilih kombinasi terbaik dari hyperparameter (Yu & Zhu, 2020). Dengan mencoba berbagai kombinasi hyperparameter dan menemukan yang optimal, kita dapat meningkatkan performa model dan mencapai hasil yang lebih baik dalam berbagai tugas. Hyperparameter tuning digunakan pada saat hasil didapatkan.

Hasil pengujian algoritma menggunakan hyperparameter tuning dari algoritma *Random Forest*, *Extra*

Tree, *Ridge*, dan *Linear Discriminant Analysis*. Pada gambar dibawah menggunakan algoritma Random forest dengan hyperparameter tuning didapatkan hasil akurasi sebesar 0.9000, AUC 0.9611, Recall 0.9000, Prec 0.8200 dan f1-score 0.8556.

Accuracy	AUC	Recall	Prec.	F1
0.9000	0.9611	0.9000	0.8200	0.8556

Sumber : Penelitian (2023)

Gambar 4. Hasil pengujian algoritma *Random Forest* dengan Hyperparameter Tuning

Pada gambar dibawah menggunakan algoritma Extra Tree dengan hyperparameter tuning didapatkan hasil akurasi sebesar 0.9000, AUC 0.9528, Recall 0.9000, Prec 0.8200 dan f1-score 0.8556.

Accuracy	AUC	Recall	Prec.	F1
0.9000	0.9528	0.9000	0.8200	0.8556

Sumber: Penelitian (2023)

Gambar 5. Hasil pengujian plgoritma *Extra Tree* dengan Hyperparameter Tuning

Pada gambar dibawah menggunakan algoritma *Ridge* dengan hyperparameter tuning didapatkan hasil akurasi sebesar 0.9000, Recall 0.9000, Prec 0.8200 dan f1-score 0.8556.

Accuracy	AUC	Recall	Prec.	F1
0.9000	0.0000	0.9000	0.8200	0.8556

Sumber: Penelitian (2023)

Gambar 6. Hasil pengujian algoritma *Ridge* dengan Hyperparameter Tuning

Pada gambar dibawah menggunakan algoritma *Linear Discriminant Analysis* dengan hyperparameter tuning didapatkan hasil akurasi sebesar 0.9000, AUC 0.9528, Recall 0.9000, Prec 0.8200 dan f1-score 0.8556.

Accuracy	AUC	Recall	Prec.	F1
0.9000	0.9500	0.9000	0.8200	0.8556

Sumber : Penelitian (2023)

Gambar 7. Hasil pengujian algoritma *Linear Discriminant Analysis* dengan Hyperparameter Tuning

3. Hasil Perbandingan Model

Dari hasil model yang diuji dari processing seleksi atribut dan Hyperparameter Tuning disajikan ditabel 4.

Tabel 4. Perbandingan model algoritma

Algoritma	Seleksi atribut	Hyperparameter Tuning
	Accuracy	Accuracy
<i>Random Forest</i>	91.56%	90.56%
<i>Extra Tree</i>	91.44%	90.44%
<i>Ridge</i>	90.44%	90.44%
<i>Linear Discriminant Analysis</i>	90.44%	90.44%

Sumber: Penelitian (2023)

Berdasarkan tabel 4, terdapat hasil dari model seleksi atribut dan hyperparameter tuning menggunakan beberapa algoritma seperti *Extra Trees* (ET), *Linear Discriminant Analysis* (LDA), *Random Forest* (RF) dan

Ridge. Dalam hal ini, dengan penerapan model dengan seleksi atribut dihasilkan algoritma *Random Forest* memiliki akurasi tertinggi sebesar 91.56%, *Extra Trees* 91.44%, *Ridge* dan *Linear Discriminant Analysis* dengan masing-masing akurasi 90.44%. Sedangkan penerapan model dengan optimasi *Hyperparameter Tuning* didapatkan algoritma *Random Forest* dengan akurasi sebesar 90.56%, algoritma *Extra Tree*, *Ridge* dan *Linear Discriminant Analysis* dengan akurasi yang sama 90.44%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa algoritma *Random Forest* (RF) dengan model Seleksi atribut memiliki kinerja terbaik dalam mendeteksi penyakit demensia, dengan akurasi sebesar 91.56%. Ini merupakan angka yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma lain seperti *Extra Tree* (ET), *Ridge*, dan *Linear Discriminant Analysis* (LDA), yang masing-masing memiliki akurasi 91.44%, 90.44%, dan 90.44%. Oleh karena itu, algoritma *Random Forest* (RF) dengan model seleksi atribut adalah pilihan yang paling efektif dalam melakukan deteksi dini penyakit demensia berdasarkan hasil penelitian ini.

REFERENSI

- Battineni, G., Chintalapudi, N., & Amenta, F. (2019). Machine Learning In Medicine: Performance Calculation Of Dementia Prediction By Support Vector Machines (SVM). *Informatics In Medicine Unlocked*, 16(June), 100200. <https://doi.org/10.1016/J.Imu.2019.100200>
- Efendi, M. S., & Wibawa, H. A. (2018). Prediksi Penyakit Diabetes Menggunakan Algoritma ID3 Dengan Pemilihan Atribut Terbaik (Diabetes Prediction Using ID3 Algorithm With Best Attribute Selection). *Juita*, VI(1), 29–35.
- Faouri, S., Albashayreh, M., & Azzeh, M. (2022). Examining Stability Of Machine Learning Methods For Predicting Dementia At Early Phases Of The Disease. *Decision Science Letters*, 11(3), 333–346. <https://doi.org/10.5267/Dsl.2022.1.005>
- Indrayanti, Sugianti, D., & Al Karomi, M. A. (2017). Optimasi Parameter K Pada Algoritma K-Nearest Neighbour Untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes Mellitus. *Prosiding SNATIF*, 823–829.
- Iriadi, N., Setioningias, L., & Priatno, P. (2021). Implementasi Data Mining Pada Klasifikasi Ketidakhadiran Pegawai Menggunakan Metode C4.5. *Computer Science (CO-SCIENCE)*, 1(1), 53–61. <https://doi.org/10.31294/Coscience.V1i1.198>
- Javeed, A., Luiza, A., Johan, D., Berglund, S., Ali, A., Ali, L., & Anderberg, P. (2023). Machine Learning For Dementia Prediction : A Systematic Review And Future Research Directions. *Journal Of Medical Systems*. <https://doi.org/10.1007/S10916-023-01906-7>
- Kaggle. (2021). *Dementia Prediction Dataset*. Online.
- Maheshwari, S., Sharma, A., Kumar, R., & Pratyush. (2022). Early Detection Of Influenza Using Machine Learning Techniques. *Lecture Notes In Electrical Engineering*, 855(01), 111–124. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8892-8_9
- Nawawi, H. M., Rahayu, S., Purnama, J. J., & Shidiq, M. J. (2019). Algoritma C4.5 Untuk Memprediksi Pengambilan Keputusan Memilih Deposito Berjangka. *Jurnal Techno Nusa Mandiri*, 16(1), 65–72.
- Roihan, A., Sunarya, P. A., & Rafika, A. S. (2020). 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>
- Salunkhe, M. S. Y., & Chavan, M. S. (2023). *Performance Study Of Machine Learning Algorithms Used For Alzheimer ' S Disease Detection*. 14(1), 785–793. <https://doi.org/10.47750/Pnr.2023.14.S01.108>
- Sharma, P., & Bansal, D. (2023). Detection Of Dementia Disease Using Machine Learning Techniques: A Survey. *International Journal For Research In Applied Science And Engineering Technology*, 11(2), 298–302. <https://doi.org/10.22214/Ijraset.2023.48955>
- Wildah, S. K., Agustiani, S., S, M. R. R., Gata, W., & Nawawi, H. M. (2020). Deteksi Penyakit Alzheimer Menggunakan Algoritma Naïve Bayes Dan Correlation Based Feature Selection. *Jurnal Informatika*, 7(2), 166–173. <https://doi.org/10.31294/Ji.V7i2.8226>
- Yu, T., & Zhu, H. (2020). *Hyper-Parameter Optimization: A Review Of Algorithms And Applications*. 1–56. <http://arxiv.org/abs/2003.05689>
- Zakiah, D., Merlina, N., & Mayangky, N. A. (2022). Penerapan Algoritma K-Means Clustering Untuk Mengetahui Kemampuan Karyawan IT. *Computer Science (CO-SCIENCE)*, 2(1), 59–67. <https://doi.org/10.31294/Coscience.V2i1.623>