

**PENERAPAN REDUKSI DIMENSI DENGAN *LINEAR*
DISCRIMINANT ANALYSIS PADA KLASIFIKASI PENYAKIT
ARITMIA**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Bidang Studi Matematika**

Oleh:

ALGA MAHIDA

NIM. 08011181924012



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN REDUKSI DIMENSI DENGAN *LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS* PADA KLASIFIKASI PENYAKIT ARITMIA

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika

Oleh :

ALGA MAHIDA
NIM. 08011181924012

Pembimbing Pembantu

Drs. Sugandi Yahdin, M.M
NIP. 195807271986031003

Indralaya, 27 September 2023
Pembimbing Utama

Dr. Anita Desiani, S.Si., M.Kom
NIP. 197712112003122002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Dian Cahyawati S. S.Si., M.Si
NIP: 197303212000122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Alga Mahida

NIM : 08011181924012

Fakultas/Jurusan : MIPA/Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan sarjana satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 27 September 2023



Alga Mahida
NIM. 08011181924012

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini untuk:

Yang Maha Kuasa Allah Subhanahu Wa Ta'ala,

Kedua orang tuaku tercinta,

Kakak-kakakku tersayang,

Adik-adikku tersayang,

Keluarga besarku,

Semua guru dan dosenku,

Sahabat-sahabatku,

Almamaterku,

Diriku sendiri

Motto

“Bahagia karena bersyukur, bukan bersyukur karena bahagia”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Reduksi Dimensi Dengan *Linear Discriminant Analysis* Pada Klasifikasi Penyakit Aritmia” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains bidang studi Matematika di FMIPA Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa proses pembuatan skripsi ini adalah proses pembelajaran yang sangat berharga yang tak lepas dari kekurangan dan keterbatasan. Dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada Kedua orang tuaku tercinta, Bapak **Matroni** dan Ibu **Mardiah** yang tak pernah lupa mendoakan yang terbaik untuk penulis, telah mendidik dan membimbing. Terima kasih atas segala perjuangan dan pengorbanan hingga detik ini dan sampai kapanpun. Penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
2. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya dan pembimbing kedua yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan didikan selama pembuatan skripsi ini dengan penuh pengertian. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Matematika FMIPA

Universitas Sriwijaya yang telah memberikan arahan perihal urusan akademik kepada penulis.

3. Ibu **Dr. Anita Desiani, S.Si., M.Kom** selaku dosen pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan didikan berharga selama proses pembuatan skripsi, dan perjalanan perkuliahan ini. Bapak **Drs. Endro Setyo Cahyono, M.Si** dan Ibu **Dr. Yuli Andriani, M.Si** selaku dosen penguji yang telah memberikan tanggapan dan saran agar skripsi ini dapat diselesaikan dengan lebih baik.
4. Ibu **Des Alwine Zayanti, S.Si., M.Si** dan Ibu **Irmeilyana, S.Si., M.Si** selaku ketua dan sekretaris tim pelaksana tugas akhir penulis. Bapak **Drs. Robinson Sitepu, M.Si** selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan mengarahkan urusan akademik penulis.
5. Seluruh **Dosen di Jurusan Matematika FMIPA** Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, motivasi, serta bimbingan selama proses perkuliahan.
6. Bapak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku pegawai Tata Usaha Jurusan Matematika FMIPA yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
7. Kakak-kakakku tersayang, **Dewi Hilmiah, Sri Amelia, M. Gamal Fajri, M. Hakul Hadi, Lima Fajriah**, dan **Sri Rahayu**, yang telah memberikan perhatian, kepedulian, dedikasi, kasih sayang, dan do'a yang tiada henti untuk penulis. Adik-adikku tersayang, **Harisma Cahaya, Intri Sawitri, Muhammad Jikri**, dan **Kurnia Hayati**, yang sama-sama berjuang menempuh pendidikan demi masa depan.

8. **Seluruh sahabat seperjuangan** dalam masa perkuliahan dan proses skripsi.
Terima kasih sudah menjadi orang-orang baik yang selalu mendukung, membantu penulis, dan memberikan energi positif.
9. **Keluarga Matematika 2019, Tim PHP2D Himastik Unsri 2020, BPH Himastik Kabinet Gelora Karya, Sriwijaya Menginspirasi, dan Badan Anggaran DPM KM FMIPA.**
10. Kakak-kakak tingkat angkatan **2016, 2017, 2018** serta adik-adik tingkat angkatan **2020, 2021, dan 2022** atas bantuan selama perkuliahan.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga segala kebaikan yang diberikan, mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT.
Semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya dan semua pihak yang memerlukan.

Indralaya, Juni 2023

Penulis

APPLICATION OF DIMENSION REDUCTION WITH LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS IN CLASSIFICATION OF ARRHYTHMIA DISEASES

By:

Alga Mahida

NIM. 08011181924012

ABSTRACT

Arrhythmia disease is a serious and potentially fatal condition, so detecting this disease early has great significance. However, the dataset in the form of electrocardiogram (ECG) used in the analysis of arrhythmia disease consists of attributes, namely 252 free attributes and 1 label. Thus, 252 signal points are taken which means 1 signals points are taken which means 1 signal has 252 attributes. The more attributes, the more memory is required, but computers have limited memory. To overcome this problem, dimensionality reduction is performed to reduce attributes without losing important information. Linear Discriminant Analysis (LDA) was chosen as one of the statistical feature extraction methods used to reduce the high dimensionality of data. This study aims to apply LDA in reducing the dimensionality of the MIT-BIH arrhythmia classification. The results of this attributes to 10 attributes and the Naive Bayes algorithm obtained an increase in accuracy of 21%, precision of 14%, recall of 21%, and f1-score of 28%. The KNN algorithm obtained an increase in accuracy of 3%, precision 2%, recall 3%, and f1-score 2%. The SVM algorithm obtained an increase in accuracy of 3%, precision of 3%, recall 4%, and f1-score 4%. The arrhythmia disease dataset experienced a significant increase in precision, recall, and f1-score accuracy by 9%, 6%, 9%, and 11%, respectively. Based on the results obtained, it can be concluded that dimension reduction with LDA improves classification performance on the MIT-BIH arrhythmia disease dataset.

Keywords: Arrhythmia, Dimensionality Reduction, LDA, Classification, ECG

PENERAPAN REDUKSI DIMENSI DENGAN *LINEAR DISCRIMINANT ANALYSIS* PADA KLASIFIKASI PENYAKIT ARITMIA

Oleh:

Alga Mahida

NIM. 08011181924012

ABSTRAK

Penyakit aritmia merupakan kondisi yang serius dan berpotensi mengakibatkan kematian, sehingga mendeteksi penyakit ini secara dini memiliki signifikansi yang besar. Namun, *dataset* yang berupa *elektrokardiogram* (EKG) digunakan dalam analisis penyakit aritmia terdiri dari 253 atribut yakni 252 atribut bebas dan 1 label. Sehingga diambil 252 titik sinyal yang berarti 1 sinyal memiliki 252 atribut. Semakin banyak atribut maka semakin banyak memori yang dibutuhkan, namun komputer memiliki memori yang terbatas. Untuk mengatasi masalah ini, reduksi dimensi dilakukan untuk mengurangi atribut tanpa kehilangan informasi yang penting. *Linear Discriminant Analysis* (LDA) dipilih sebagai salah satu metode ekstraksi ciri statistik yang digunakan untuk mereduksi dimensi data yang tinggi. Penelitian ini bertujuan menerapkan LDA dalam mereduksi dimensi *dataset* penyakit aritmia MIT-BIH dan mengetahui pengaruh LDA reduksi dimensi terhadap klasifikasi aritmia. Hasil dari penelitian ini *dataset* MIT-BIH mereduksi dimensi dari ukuran 252 atribut menjadi 10 atribut dan pada algoritma Naive bayes diperoleh kenaikan akurasi sebesar 21%, presisi sebesar 14%, *recall* 21%, dan *F1-Score* sebesar 28%. Pada algoritma KNN diperoleh kenaikan akurasi sebesar 3%, presisi sebesar 2%, *recall* 3%, dan *F1-Score* sebesar 2%. Pada algoritma SVM diperoleh kenaikan akurasi sebesar 3%, presisi sebesar 3%, *recall* 4%, dan *F1-Score* sebesar 4%. *Dataset* penyakit aritmia mengalami peningkatan akurasi presisi, *recall*, dan *f1-score* yang signifikan secara berturut-turut sebesar 9%, 6%, 9%, dan 11%. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa reduksi dimensi dengan LDA dengan meningkatkan kinerja klasifikasi pada *dataset* penyakit aritmia MIT-BIH.

Kata Kunci : Aritmia, Reduksi Dimensi, LDA, Klasifikasi, EKG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Aritmia	5
2.2 Reduksi Dimensi	5
2.3 <i>Linear Discriminant Analysis</i> (LDA).....	5
2.3.1 Rata-Rata	6
2.3.2 <i>Matrix Scatter</i>	6
2.3.2 Matriks Transpose	7
2.3.6 Invers Matriks.....	8
2.3.5 Nilai Eigen dan Vektor Eigen.....	8
2.3.8 Proyeksi vektor LDA akhir	10
2.4 Klasifikasi.....	11
2.5 <i>Confusion Matrix</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Tempat.....	14

3.2 Waktu	14
3.3 Alat	14
3.4 Metode Penelitian.....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Deskripsi Data	18
4.2 Reduksi Dimensi	19
4.3 Contoh Operasi Manual pada LDA.....	19
4.4 Implementasi Reduksi Dimensi Pada <i>Dataset</i> MIT-BIH Aritmia	45
4.5 Pengujian.....	49
4.6 Analisis dan Interpretasi Hasil	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Confusion matrix</i>	12
Tabel 2.2 Kategori nilai evaluasi kinerja model	13
Tabel 4.1 <i>Dataset</i> Aritmia.....	18
Tabel 4.2 Data Contoh Perhitungan Manual Menggunakan LDA.....	20
Tabel 4.3 Nilai Proporsi Kumulatif.....	42
Tabel 4.4 Data hasil reduksi dimensi	45
Tabel 4.5 Nilai proporsi kumulatif.....	48
Tabel 4.6 Dataset yang telah direduksi dimensi.....	49
Tabel 4.7 <i>Confusion matrix</i> Naive Bayes tanpa LDA	50
Tabel 4.8 <i>Confusion matrix</i> Naive Bayes dengan LDA.....	55
Tabel 4.9 <i>Confusion matrix</i> KNN tanpa LDA	56
Tabel 4.10 <i>Confusion matrix</i> KNN dengan LDA	57
Tabel 4.11 <i>Confusion matrix</i> SVM tanpa LDA	58
Tabel 4.12 <i>Confusion matrix</i> SVM dengan LDA	59
Tabel 4.13 Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Matriks Transpose	8
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Rata-rata Hasil Klasifikasi.....	60
Gambar 4.2 Grafik Kenaikan Rata-rata Hasil Klasifikasi.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dataset penyakit aritmia terdiri dari 252 atribut yang tidak efisien untuk proses klasifikasi. Proses klasifikasi untuk deteksi dini penyakit aritmia lebih efektif dengan menghilangkan informasi-informasi yang kurang berarti melalui proses reduksi dimensi (Khan *et al.*, 2021). *Dataset* aritmia *Massachusetts Institute of Technology (MIT)-Boston's Beth Israel Hospital (BIH)* terdiri dari 452.970 *beat*, tapi *beat* yang bermakna hanya sebanyak 252 titik sinyal. Dapat disimpulkan bahwa pada *dataset* hanya diambil 252 *beat* yang berarti 1 sinyal memiliki 252 atribut. Semakin banyak atribut semakin banyak memori yang dibutuhkan, namun kadang-kadang komputer memiliki memori yang terbatas, salah satu cara mengatasi masalah tersebut dengan melakukan reduksi dimensi pada data tanpa harus kehilangan atribut yang penting (Li *et al.*, 2020).

Reduksi dimensi dilakukan untuk melakukan pengurangan dimensi suatu *dataset* dengan mempertahankan informasi-informasi penting tanpa harus kehilangan atribut yang penting (Velliangiri *et al.*, 2019). *Linear Discriminant Analysis (LDA)* salah satu metode klasifikasi yang banyak digunakan dalam bidang statistik dan bidang lainnya (Gupta *et al.*, 2022). LDA juga banyak digunakan sebagai metode reduksi dimensi. LDA juga diterapkan dalam reduksi dimensi dengan menghitung nilai eigen dan vektor eigen dari matriks sebaran, memberi eigen berdasarkan nilai dalam urutan menurun, membangun matriks dengan vektor eigen, dan mentransformasikan untuk mendapatkan sub ruang baru (Anowar *et al.*,

2021). Keunggulan LDA dalam klasifikasi dan reduksi dimensi yakni mudah diimplementasikan, dapat mengurangi dimensi atribut dan meningkatkan akurasi secara efisien (Zhou *et al.*, 2021).

LDA reduksi dimensi telah diterapkan pada beberapa penelitian, antara lain penelitian yang dilakukan oleh Gładyszewska-Fiedoruk and Sulewska (2020) dalam klasifikasi kenyamanan termal menggunakan LDA reduksi dimensi dan *Artificial Neural Networks* (ANN) menghasilkan akurasi di atas 80%, tetapi tidak menampilkan hasil presisi, *recall*, dan *f1-score*. Ali *et al.* (2019) melakukan deteksi penyakit parkinson menggunakan LDA reduksi dimensi dan *Neural Network* (NN) menghasilkan akurasi sebesar 95%, tetapi tidak menampilkan presisi, *recall*, dan *f1-score*. Ghosh and Shuvo (2019) melakukan penelitian diagnosis *multiclass* stadium penyakit kanker payudara menggunakan LDA reduksi dimensi dan Naive Bayes menghasilkan akurasi sebesar 94%, tetapi tidak menampilkan hasil presisi, *recall*, dan *f1-score*.

Pada MIT-BIH terdapat 253 atribut terdiri dari 252 atribut bebas dan 1 label dan ini termasuk dimensi yang cukup besar untuk mengetahui kinerja pada klasifikasi *dataset* MIT-BIH aritmia. Adapun kelas yang terdapat pada *dataset* sinyal aritmia yakni normal, *unknown*, *Ventricular Ectopic Beat* (VEB), *Supraventricular Ectopic Beat* (SVEB), dan *fusion*. LDA dapat diterapkan untuk mereduksi dimensi *dataset* sinyal penyakit aritmia.

Pada penelitian ini akan diterapkan LDA dalam reduksi dimensi pada *dataset* sinyal penyakit aritmia, untuk melihat sejauh mana reduksi dimensi menggunakan LDA dapat mempengaruhi kinerja dalam proses klasifikasi *dataset* penyakit

aritmia. Adapun parameter evaluasi kinerja yang digunakan untuk melihat pengaruh LDA dalam mereduksi dimensi *dataset* aritmia terhadap metode klasifikasi Naïve Bayes, *K-Nearest Neighbors* (KNN), dan *Support Vector Machine* (SVM) *dataset* penyakit aritmia antara lain yaitu akurasi, presisi, *recall*, dan *f1-score*.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana menerapkan LDA untuk reduksi dimensi pada *dataset* penyakit aritmia MIT-BIH dan pengaruhnya terhadap kinerja klasifikasi.

1.3 Pembatasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada:

1. Label yang digunakan pada *dataset* terdiri dari 5 kelas.
2. Pengujian hanya menggunakan metode klasifikasi *Naïve Bayes*, KNN, dan SVM.
3. Ukuran evaluasi kinerja dalam klasifikasi penyakit aritmia menggunakan akurasi, presisi, *recall*, dan *f1-Score*.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah menerapkan LDA untuk mereduksi dimensi *dataset* penyakit aritmia MIT-BIH dan mengetahui pengaruhnya pada kinerja klasifikasi.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Menghasilkan dimensi *dataset* yang lebih kecil sehingga proses klasifikasi bisa bekerja lebih optimal.
2. Sebagai referensi dalam melakukan reduksi dimensi menggunakan LDA.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, L., Zhu, C., Zhang, Z., & Liu, Y. (2019). Automated detection of parkinson's disease based on multiple types of sustained phonations using Linear Discriminant Analysis and Genetically Optimized Neural Network. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 7(October), 1–10. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2019.2940900>
- Alotaibi, H., Alsolami, F., & Mehmood, R. (2021). DNA profiling: an investigation of six Machine Learning Algorithms for estimating the number of contributors in DNA mixtures. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(11), 130–137. <https://doi.org/10.14569/IJACS A.2021.0121115>
- Anowar, F., Sadaoui, S., & Selim, B. (2021). Conceptual and empirical comparison of Dimensionality Reduction Algorithms (PCA, KPCA, LDA, MDS, SVD, LLE, ISOMAP, LE, ICA, t-SNE). *Computer Science Review*, 40, 100378. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100378>
- Boboeva, M. N., & Rasulov, T. H. (2018). The method of using problematic education in teaching Theory of Matrix to students X. *Departement of Mathematics Bukhara State University Republic of Uzbekistan*.5(2014), 279–282.
- Carneiro, M. B., Moreira, M. W. L., Pereira, S. S. L., Gallindo, E. L., & Rodrigues, J. J. P. C. (2021). Recommender system for postpartum depression monitoring based on sentiment analysis. *2020 IEEE International Conference on E-Health Networking, Application & Services (HEALTHCOM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/HEALTHCOM49281.2021.9398922>
- Cintisa, N., Suhartono, E., & Aulia, S. (2019). Pengenalan ekspresi pada raut wajah pada keselamatan berkendara Menggunakan Principal Component Analysis (PCA) dan Linear Discriminant Analysis (LDA). *EProceedings of Engineering*, 6(3), 10292–10300. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/11354>
- Denton, P. B., Parke, S. J., Tao, T., & Zha, X. (2022). Eigenvectors from eigenvalues: a survey of a basic identity in linear algebra. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 59(1), 31–58. <https://doi.org/10.1090/bull/1722>
- Essa, E., & Xie, X. (2021). An Ensemble of Deep Learning-based multi-model for ECG heartbeats arrhythmia classification. *IEEE Access*, 9, 103452–103464. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3098986>
- Ghosh, J., & Shuvo, S. B. (2019). Improving classification model's performance using Linear Discriminant Analysis on linear data. *2019 10th International*

Conference on Computing, Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2019, 8–12. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT45670.2019.8944632>

- Gładyszewska-Fiedoruk, K., & Sulewska, M. J. (2020). Thermal comfort evaluation using Linear Discriminant Analysis (LDA) and Artificial Neural Networks (ANNs). *Energies*, *13*(3), 1–15. <https://doi.org/10.3390/en1303-0538>
- Govindasamy, K. A. L., & Palanichamy, N. (2021). Depression detection using Machine Learning techniques on twitter data. *2021 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 960–966. <https://doi.org/10.1109/ICICCS51141.2021.9432203>
- Gupta, A., Soni, H., Joshi, R., & Laban, R. M. (2022). Discriminant analysis in contrasting dimensions for polycystic ovary syndrome prognostication. *University of Mumbai*.*23*(4), 1-9. <http://arxiv.org/abs/2201.03029>
- Idri, A., Abnane, I., & Abran, A. (2018). Evaluating Pred(p) and standardized accuracy criteria in software development effort estimation. *Journal of Software: Evolution and Process*, *30*(4), 1–15. <https://doi.org/10.1002/smr.1925>
- Khan, A. H., Hussain, M., & Malik, M. K. (2021). Arrhythmia classification techniques using Deep Neural Network. *Complexity*, *10*(9919588), 10. <https://doi.org/10.1155/2021/9919588>
- Li, H., Zhang, L., Huang, B., & Zhou, X. (2020). Cost-sensitive dual-bidirectional Linear Discriminant Analysis. *Information Sciences*, *510*, 283–303. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.09.032>
- Liao, K., Li, C., Dai, T., Zhong, C., Lin, H., Hu, X., & Gong, Q. (2022). Matrix eigenvalue solver based on reconfigurable photonic neural network. *Nanophotonics*, *11*(17), 4089–4099. <https://doi.org/10.1515/nanoph-2022-0109>
- Liu, J., Song, S., Sun, G., & Fu, Y. (2019). Classification of ECG arrhythmia using CNN, SVM and LDA. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *11633 LNCS*(2016), 191–201. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24265-7_17
- Lu, Y., Jiang, M., Wei, L., Zhang, J., Wang, Z., Wei, B., & Xia, L. (2021). Automated arrhythmia classification using Depthwise Separable Convolutional Neural Network with focal loss. *Biomedical Signal Processing and Control*, *69*(May). <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102843>
- manullang, r a, & Sianturi, f a. (2021). Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor untuk memprediksi kelulusan mahasiswa. *Jurnal Ilmu Komputer Dan ...*, *4*(2), 15–23. <http://ejournal.sisfokomtek.org/index.php/jikom/article/view/155>

- Markoulidakis, I., Kopsiaftis, G., Rallis, I., & Georgoulas, I. (2021). Multi-class confusion matrix Reduction Method and its application on net promoter score classification problem. *ACM International Conference Proceeding Series, Cx*, 412–419. <https://doi.org/10.1145/3453892.3461323>
- Nguyen, H. D., Tran, K. P., Thomassey, S., & Hamad, M. (2021). Forecasting and anomaly detection approaches using LSTM and LSTM autoencoder techniques with the applications in supply chain management. *International Journal of Information Management*, 57, 0–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102282>
- Omondiagbe, D. A., Veeramani, S., & Sidhu, A. S. (2019). Machine Learning classification techniques for breast cancer diagnosis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 495(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/495/1/012033>
- R Ganesh Kumar. (2014). Performance analysis of soft computing techniques for classifying cardiac arrhythmia. *Indian Journal of Computer Science and Engineering*, 4(6), 459–465.
- Sahoo, S., Dash, M., Behera, S., & Sabut, S. (2020). Machine Learning approach to detect cardiac arrhythmias in ECG signals: A Survey. *Irbm*, 41(4), 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.irbm.2019.12.001>
- Saini, S. K., & Gupta, R. (2022). Artificial intelligence methods for analysis of electrocardiogram signals for cardiac abnormalities: state-of-the-art and future challenges. In *Artificial Intelligence Review* (Vol. 55, Issue 2). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10462-021-09999-7>
- Senubekti, M. A., & Puspita Dewi, L. A. (2022). Prinsip klasifikasi dan data mining dengan Algoritma C4.5. *Nuansa Informatika*, 16(2), 87–93. <https://doi.org/10.25134/nuansa.v16i2.5834>
- Sharma, N., Sethi, P., Chadha, J. S., & Lalwani, P. (2021). Comprehensive analysis of feature selection on early heart stroke prediction. *2021 10th IEEE International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)*, 142–147. <https://doi.org/10.1109/CSNT51715.2021.9509629>
- Srivastava, K., & Choubey, D. K. (2020). Heart disease prediction using Machine Learning and Data Mining. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 9(1), 212–219. <https://doi.org/10.35940/ijrte.f9199.059-120>
- Stromann, O., Nascetti, A., Yousif, O., & Ban, Y. (2020). Dimensionality Reduction and feature selection for object-based land cover classification based on sentinel-1 and sentinel-2 time series using google earth engine. *Remote Sensing*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/rs12010076>

- Velliangiri, S., Alagumuthukrishnan, S., & Thankumar Joseph, S. I. (2019). A review of Dimensionality Reduction techniques for efficient computation. *Procedia Computer Science*, 165, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.01.079>
- Zhang, Y., Ling, Y., Li, S., Yang, M., & Tan, N. (2020). Discrete-time zeroing neural network for solving time-varying sylvester-transpose matrix inequation via exp-aided conversion. *Neurocomputing*, 386, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.12.053>
- Zhou, Y., Yan, S., Ren, Y., & Liu, S. (2021). Rolling bearing fault diagnosis using Transient-Extracting Transform and Linear Discriminant Analysis. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 178(February), 109298. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109298>