

KOMPARASI ALGORITMA NEURAL NETWORK DAN NAÏVE BAYES UNTUK MEMPREDIKSI PENYAKIT JANTUNG

Hendri Mahmud Nawawi¹; Jajang Jaya Purnama²; Agung Baitul Hikmah³

^{1,2}Program Studi Ilmu Komputer
STMIK Nusa Mandiri Jakarta
www.nusamandiri.ac.id

¹mahmudhend94@gmail.com, ²jajangja2412@bsi.ac.id

³Program Studi Sistem Informasi
Universitas Bina Sarana Informatika
www.bsi.ac.id
agung.abl@bsi.ac.id

Abstract— Heart disease is one of the types of deadly diseases whose treatment must be dealt with as soon as possible because it can occur suddenly to the sufferer. Factors of heart disease that are recognized based on the condition of the body of a sufferer need to be known from an early age so that the risk of possible instant attacks can be minimized or can be overcome in various ways such as a healthy lifestyle and regular exercise that can regulate heart health in the body. By looking at the condition of a person's body based on sex, blood pressure, age, whether or not a smoker and some indicators that cause a person's affected by heart disease are described in a study using the Neural Network and Naïve Bayes algorithm with the aim of comparing the level of accuracy to attributes influential to predict heart disease, so the results of this study can be used as a reference to predict whether a person has heart disease or not based on health data used as research benchmarks.

Keywords: Heart Disease, Neural Network Algorithm, Naïve Bayes Algorithm

Intisari— Penyakit jantung merupakan salah satu dari jenis penyakit mematikan yang penanganannya harus diatasi sesegera mungkin karena bisa terjadi secara mendadak kepada penderitanya. Faktor-faktor penyakit jantung yang dikenali berdasarkan kondisi tubuh seorang penderitanya perlu di ketahui sejak dini sehingga resiko kemungkinan terjadi serangan seketika bisa diminimalisir atau bisa diatasi dengan berbagai cara misalnya pola hidup sehat dan olahraga teratur yang bisa mengatur kesehatan jantung dalam tubuh. Dengan melihat kondisi tubuh seseorang berdasarkan jenis kelamin, tensi darah, usia, apakah perokok atau tidak dan beberapa indikator yang menjadi penyebab seseorang terkena penyakit jantung diuraikan dalam sebuah penelitian dengan menggunakan algoritma Neural Network dan Naïve Bayes dengan tujuan untuk membandingkan tingkat akurasi terhadap atribut berpengaruh untuk memprediksi penyakit jantung, sehingga hasil dari

penelitian ini bisa dijadikan referensi untuk memprediksi apakah seseorang terkena penyakit jantung atau tidak berdasarkan data kesehatan yang dijadikan tolak ukur penelitian.

Kata Kunci : Penyakit Jantung, Neural Network, Naïve Bayes

PENDAHULUAN

Dunia kesehatan memiliki database yang sangat banyak untuk dijadikan bahan penelitian bagi dunia pendidikan. Namun dataset yang tersedia biasanya hanya digunakan sebagai arsip misalnya data hasil cek Lab atau hasil pemeriksaan pasien yang menderita gejala atau penyakit tertentu. Arsip tersebut akan sangat bermanfaat apabila dapat digunakan dan diolah dengan baik dan tepat hal ini bertujuan untuk mempelajari kejadian dimasa lalu untuk dijadikan pertimbangan dimasa yang akan datang apabila terjadi kasus atau kejadian yang sama dengan data kesehatan yang sama sehingga efisiensi pendeteksian penyakit bisa diketahui sedini mungkin. Penulis tertarik untuk membuat artikel tentang prediksi penyakit jantung yang merupakan salah satu jenis penyakit mematikan dengan melakukan analisa terhadap gejala-gejala dan data kesehatan tubuh dari penyakit jantung yang diperoleh dari data publik dengan tujuan untuk mempresentasikan dengan data kesehatan yang telah dianalisa apakah sesuai antara prediksi yang dihasilkan dari perhitungan dengan menggunakan machine learning berdasarkan algoritma Neural Network dan Algoritma Naïve Bayes yang penulis gunakan pada penelitian ini dengan prediksi sesungguhnya dari hasil cek lab. Penulis melakukan komparasi atau perbandingan antara algoritma Neural Network dengan Algoritma Naïve Bayes dengan tujuan untuk membandingkan algoritma mana yang paling relevan dan nilai akurasinya paling tinggi untuk mendeteksi penyakit jantung berdasarkan 14 atribut input, pada algoritma Naïve Bayes penulis menambahkan optimasi. Naïve

Bayes Classifier perlu dioptimasi dengan cara memberikan bobot pada atribut agar naïve bayes classifier dapat bekerja lebih efektif (Muhamad et al., 2017) sedangkan pada algoritma Neural Network penulis menggunakan backpropagation.

Penyakit jantung merupakan penyakit yang sangat berbahaya dan merupakan penyakit pembunuh nomor satu di dunia, oleh karena itu penting diketahui ciri-ciri penyakit jantung agar dapat ditanggulangi sejak dini (dedaunan.com, 2019). Beberapa faktor yang dapat menyebabkan penyakit jantung umumnya adalah kebiasaan hidup tidak sehat, merokok, begadang dan pola makan yang tidak baik. Penyebab utama penyakit jantung adalah penggunaan tembakau, fisik tidak aktif, diet yang tidak sehat dan penggunaan alkohol, meningkatnya usia, tekanan darah tinggi, mempunyai kolesterol tinggi, dan kelebihan berat badan (Lestari, 2014).

Untuk melakukan prediksi beberapa faktor yang telah disebutkan diatas dapat diambil kesimpulan bahwasanya penyakit jantung merupakan penyakit yang banyak penyebabnya dan penyebab tersebut bisa saja kegiatan yang selama ini tanpa kita sadari terbiasa melakukannya, untuk itu beberapa penyebab tersebut dirumuskan kedalam sebuah tabel yang merangkum faktor penyebab seseorang terkena penyakit jantung. Data dari tabel tersebut diolah menjadi data *training* untuk diolah kedalam machine learning, agar memudahkan dalam perhitungan dan mendapatkan nilai akurasi dan prediksi yang baik penulis menggunakan dua metode berbeda untuk melakukan prediksi dan membandingkan akurasi terhadap penyakit jantung tersebut yaitu algoritma neural network dan naïve bayes.

BAHAN DAN METODE

Untuk mencapai tujuan penelitian sebuah metodologi penelitian perlu dikembangkan, pada tulisan ini penulis menggunakan model estimasi berbasis ANN untuk pengujian data validasi hasil dari tahap *training* dan algoritma naïve bayes untuk melihat perbedaan nilai akurasi yang dihasilkan. Bayes memiliki akurasi dan kecepatan yang sangat tinggi saat diaplikasi ke dalam database dengan data yang besar (Widiastuti, Santosa, & Supriyanto, 2014).

Dalam buku Heaton *Neural Network* adalah jaringan saraf yang mensimulasikan jaringan saraf biologis manusia kedalam arsitektur computer dan arsitektur algoritma baru terhadap computer konvensional. Hal ini memungkinkan penggunaan operasi komputasi (penambahan, pengurangan, dan elemen logika fundamental) yang sangat sederhana untuk memecahkan masalah yang kompleks, matematis yang tidak jelas, masalah nonlinear atau masalah stokastik (Yunita, 2015).

Sebagaimana kita ketahui bahwa peramalan merupakan dugaan atau prediksi terhadap kejadian

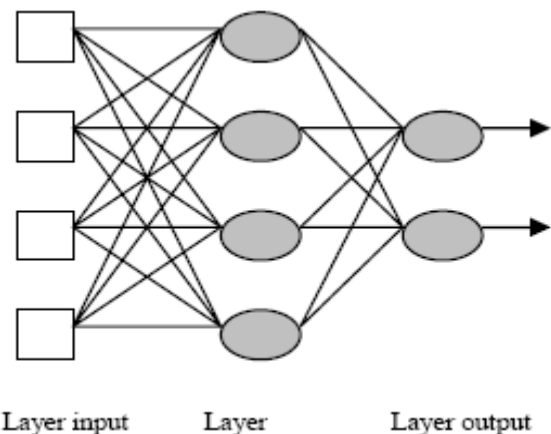
yang akan datang setelah mempelajari kejadian dimasa lalu atau kejadian yang pernah dialami sebelumnya. Peramalan juga bisa digunakan dalam aktivitas bisnis dimana dapat memperkirakan jumlah penjualan dan penggunaan produk di periode yang akan datang, sehingga produk dapat dibuat dalam kuantitas yang tepat sesuai dengan hasil peramalan (Habibi & Riksakomara, 2017).

Perubahan terjadi jika tidak diantisipasi, hasilnya bisa menjadi bencana. Suatu perusahaan mempersiapkan untuk perubahan dengan perencanaan, yang pada gilirannya memerlukan pembuatan perkiraan, menetapkan tujuan berdasarkan perkiraan dan menentukan bagaimana busur tujuan untuk dihubungi. Singkatnya, peramalan merupakan bagian integral dari proses perencanaan (Kusumodestoni & Zyen, 2015).

Dalam peramalan, untuk mendapatkan hasil yang akurat dan bermanfaat, terdapat dua hal yang harus diperhatikan :

1. Data yang dikumpulkan haruslah berupa informasi yang relevan sehingga dapat menghasilkan peramalan yang akurat.
2. Penggunaan metode peramalan yang tepat (Habibi & Riksakomara, 2017)

Secara umum peramalan dengan metode neural network backpropaganda adalah sebagai berikut dimana terdiri dari 3 neuron atau layer yaitu layer input, layer dan layer output.



Sumber: (Effendy, Subagja, & Faisal, 2008)

Gambar 1 Konsep Jaringan Sarap Tiruan Backpropagation

Alur penyelesaian algoritma pelatihan JST – BP adalah sebagai berikut

1. Definisi masalah, misalkan matriks masukan (P) dan matriks target (T).
2. Inisialisasi, menentukan bentuk jaringan dan menetapkan nilai-nilai bobot sinaptik $W1$ dan $W2$, dan *learning rate* (lr).
3. Pelatihan Jaringan :

- a. Perhitungan Maju Galat (E) merupakan selisih antara nilai keluaran yang diinginkan (T) dengan keluaran yang sesungguhnya (A_2), sebagai berikut :
 $E = TAr^2$ (1)
 Sum Square Error (SSE) yang dinyatakan oleh persamaan berikut :
 $SSE = \sum E^2$ (2)
- b. Perhitungan Balik
 $D2 = A2 (1 - A2) E$ (3)
 $dW2 = dW2 + (lr \times D2 \times A1)$
 $D1 = A1 (1 - A1) \times (W2 \times D2)$
 $dW1 = dW1 + (lr \times D1 \times P)$
- c. Perbaikan Bobot Jaringan
 $TW2 = W2 + dW2$ (4)
 $TW1 = W1 + dW1$
 $W2 = TW2$
 $W1 = TW1$

Keluaran untuk lapisan tersembunyi

$$A1 = \frac{1}{1 + \epsilon^{-\sum_{i=1}^n (P1)x \ W1 \ j^i}}$$
 (5)

Hasil keluaran lapisan tersembunyi dipakai untuk mendapatkan lapisan keluaran :

$$A1 = \frac{1}{1 + \epsilon^{-\sum_{i=1}^n (Aij)x \ W2 \ j^i}}$$
 (6)

- 4. Langkah-langkah di atas adalah untuk satu kali siklus pelatihan (satu *epoch*), sehingga harus diulang-ulang sampai jumlah *epoch* yang ditentukan atau telah tercapai *SSE* (*Sum Square Error*) yang diinginkan.
- 5. Hasil akhir pelatihan jaringan adalah didapatkannya bobot $W1$ dan $W2$ yang kemudian disimpan untuk pengujian jaringan. (Effendy et al., 2008)

Metode Naive Bayes

Naive bayes merupakan salah satu metode statistik untuk klasifikasi yang memungkinkan untuk menangkap ketidakpastian tentang suatu model dengan cara berprinsip pada mendefinisikan hasil probabilitas. Metode ini digunakan untuk menyelesaikan masalah diagnosa dan prediksi (Supriyatna & Mustika, 2018). Definisi lain mengatakan Naive Bayes merupakan pengklasifikasian dengan metode probabilitas dan statistik yang dikemukakan oleh ilmuwan Inggris Thomas Bayes, yaitu memprediksi peluang di masa depan berdasarkan pengalaman di masa sebelumnya. Teorema Bayes memiliki bentuk umum sebagai berikut:

$$P(H|X) = \frac{P(x|H).P(H)}{P(x)}$$
 (7)

Dimana :

- X = Data dengan class yang belum diketahui.
- H = Hipotesis Data X merupakan suatu class spesifik

- $P(H|X)$ = probabilitas hipotesis H berdasarkan kondisi x (posteriori prob.)
- $P(H)$ = Probabilitas hipotesis H (prior prob.)
- $P(X|H)$ = probabilitas X berdasarkan kondisi tersebut
- $P(X)$ = probabilitas dari X

Umumnya, Bayes mudah dihitung untuk fitur bertipe kategoris seperti pada kasus fitur "jenis kelamin" dengan nilai {pria, wanita} namun untuk fitur numerik ada perlakuan khusus sebelum dimasukkan dalam Naive Bayes. Caranya adalah

- a. Melakukan diskretisasi pada setiap fitur kontinu dan mengganti nilai fitur kontinu tersebut dengan nilai interval diskret. Pendekatan ini dilakukan dengan mentransformasikan fitur kontinu ke dalam fitur ordinal.
- b. Mengasumsikan bentuk tertentu dari distribusi probabilitas untuk fitur kontinu dan memperkirakan parameter distribusi dengan data pelatihan. Distribusi Gaussian sering dipilih untuk merepresentasikan peluang kelas bersyarat untuk atribut kontinu. Distribusi dikarakterisasi dengan dua parameter yaitu mean, μ , dan varian, σ^2 . untuk tiap kelas y_i , peluang kelas bersyarat untuk atribut x_i adalah:

$$P(X1 = x1|Y = y1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_j}} \exp(x1 - \mu)^2 \dots (8)$$

Dimana :

- P : Peluang
- Xi : Atribut ke i
- xi : Nilai atribut ke i
- Y : Kelas yang dicari
- Yi : sub kelas Y yang dicari
- μ : Mean, menyatakan varian dari seluruh atribut
- σ : deviasi standar, menyatakan varian dari seluruh atribut (Supriyatna & Mustika, 2018).

Nilai AUC

Nilai AUC pada data mining dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu sangat baik untuk nilai 0.90-1.00, klasifikasi baik untuk nilai 0.80-0.90, klasifikasi cukup untuk nilai 0.70-0.80, klasifikasi buruk untuk nilai 0.60-0.70 dan klasifikasi salah untuk nilai 0.50-0.60 (Lestari, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

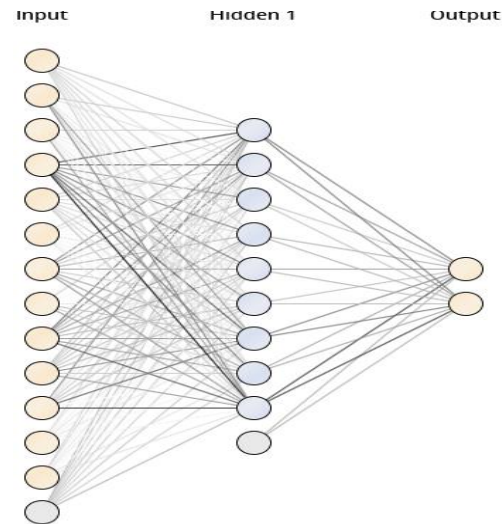
Objek permasalahan mengenai penyakit jantung yang diperoleh dari dataset global UCI Repository membuat klasifikasi ciri-ciri penderita yang terkena

penyakit jantung berdasarkan 14 atribut, atribut tersebut diolah dengan algoritma neural network dan naïve bayes. Berikut adalah kriteria-kriteria yang dijadikan attribute sebagai prediksi terhadap pasien penderita penyakit jantung.

1. Usia : usia dituliskan dalam bentuk angka numerical
2. Gender : dituliskan 1 untuk "laki-laki" dan 0 untuk "perempuan"
3. Type nyeri dada berdasarkan gejala-gejala khas angina, angina atipikal, nyeri non-angina dan tanpa gejala
4. Tb : Tekanan darah saat istirahat (dihitung mm Hg saat masuk ke rumah sakit)
5. Kol : serum kolestoral dalam mg / dl
6. Fbs : nilai 1 jika "Ya" dan 0 jika "Tidak"
7. Restecg : beristirahat hasil elektrokardiografi
 - Nilai 0: normal
 - Nilai 1: memiliki kelainan gelombang ST-T (inversi gelombang T dan / atau elevasi atau depresi ST > 0,05 mV)
 - Nilai 2: menunjukkan hipertrofi ventrikel kiri yang mungkin atau pasti berdasarkan kriteria Estes
8. Thalch: denyut jantung maksimum tercapai
9. Exang : olahraga yang diinduksi angina (1 = ya; 0 = tidak)
10. Oldpeak : ST depresi yang disebabkan oleh olahraga relatif terhadap istirahat
11. Slope : kemiringan segmen ST latihan puncak
 - Nilai 1: menanjak
 - Nilai 2: datar
 - Nilai 3: downsloping
12. Ca: jumlah kapal utama (0-3) diwarnai oleh flourosopy
13. Thal : 3 = normal; 6 = cacat tetap; 7 = cacat yang dapat dibalik
14. Prediksi attribute

Bayes untuk melihat perbandingan algoritma mana yang memiliki akurasi tertinggi. Dengan metode jaringan sarap tiruan backpropagation 14 attribute tersebut diolah kedalam machine learning rapid miner.

Berdasarkan hasil pengolahan 14 atribut dihasilkan jaringan sarap tiruan berupa neuron sebagai berikut



Sumber: (Nawawi et al., 2019)
 Gambar 2 Output Jaringan Sarap Tiruan Backpropagation

Dari gambar diatas bisa dilihat bahwa dengan merancang nilai inputan (*Layer input*) sebanyak 14 atribut atau 14 elemen pemrosesan (*neuron*) yang sesuai dengan 14 parameter tersebut dihasilkan dua nilai *output* setelah dilakukan percobaan sebanyak 10 (sepuluh) kali (*hidden layer*) selama tahap pengujian.

Konfigurasi JST yang digunakan untuk menghasilkan *output* tersebut berdasarkan 14 parameter *input* adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Data Training

Usia	Gender	Chest pain	Bp	Cholesterol	Fasting	Restecg	Thalch	Exang	Oldpeak	Slope	Ca	Thal	Chal	Predict
63	1	1	145	33	1	2	150	0	2,3	3	0	0	0	0
67	1	4	160	86	0	2	108	1	1,5	2	3	3	2	2
67	1	4	120	29	2	0	129	1	2,6	2	2	2	1	1
37	1	3	130	50	0	0	187	0	3,5	3	0	0	0	0
37	0	2	120	44	0	2	172	1	1,4	1	0	0	0	0
65	1	1	130	55	1	1	178	1	0,8	1	2	0	2	2

Sumber : (Nawawi, Purnama, & Hikmah, 2019)

Dari tabel diatas direpresentasikan kedalam sebuah metode algoritma Neural Network dan Naïve

Tabel 2 Parameter JST

Parameter	Nilai
Jumlah sel lapisan masuk	14
Jumlah sel lapisan tersembunyi (hidden 1)	10
Jumlah sel lapisan keluaran	2
Maksimum pelatihan (training cycle)	200
Learning Rate	0,01
Momentum	0,9
Performance Goal	1.0E-4

Sumber : (Nawawi et al., 2019)

Berdasarkan nilai inputan diatas untuk prediksi penyakit jantung dengan menggunakan 14 atribut diperoleh nilai akurasi sebesar 84,52 % dengan rata-rata terkecil adalah 84,49%.

Selanjutnya untuk melihat perbandingan dengan metode algoritma Naïve Bayes atribut-atribut

tesebut dianalisa dan disajikan dengan data numerik menggunakan Distribusi Gaussian untuk mencari nilai mean dan varian yang diklasifikasikan menurut kelasnya. Rata-rata dan standar deviasi dihitung setiap attributnya. Sehingga diperoleh nilai sebagai berikut :

Tabel 3 Parameter Naïve Bayes

Attribute	Parameter			
	Mean		Standar Deviasi	
	1	0	1	0
Usia	57	53,992	7,061	9,280
Gender	0,733	0,671	0,447	0,471
Type nyeri dada	3,067	3,174	0,986	0,957
TB	139,067	130,403	20,163	16,828
Kol	247,911	246,481	51,116	51,987
Restecg	1,156	0,961	0,999	0,993
Thalac	149,178	149,682	22,227	23,027
Exang	0,356	0,322	0,484	0,468
Oldpeak	1,056	1,037	1,072	1,178
Slope	1,689	1,585	0,701	0,600
Ca	0,978	0,609	1,076	0,898
Thal	5,089	4,659	1,917	1,957
Pred	1,111	0,907	1,283	1,219

Sumber : (Nawawi et al., 2019)

Berdasarkan parameter-parameter diatas dari data *training* yang diolah menggunakan perhitungan algoritma Naïve Bayes dengan ditambahkan optimasi diperoleh nilai akurasi sebesar 79,88% dengan nilai rata-rata minimum sebesar 79,87%.

Selanjutnya untuk melihat perbandingan antara algoritma neural network JST Backpropagation dengan Naïve Bayes klasifikasi dari 14 atribut yang dijadikan parameter untuk memprediksi penyakit jantung bisa dilihat perbandingannya pada tabel berikut:

Tabel 4 Perbandingan Algoritma Neural Network dengan Naïve Bayes

	Neural Network	Naïve Bayes
Akurasi	84,52%	79,88%
Presisi	85,31%	85,86%
Recall	98,85%	91,45%
AUC (optimistis)	0,601	0,577
AUC	0,601	0,577
AUC (Pesimistis)	0,601	0,577

Sumber: (Nawawi et al., 2019)

Dari table 4 diatas prediksi penyakit jantung dengan 14 atribut Usia, Gender, Tb, Kol, Fbs, Restecg, Thalac, Exang, Oldpeak, Slope, Ca, Thal bisa dijadikan sebagai tolak ukur untuk memprediksi kesehatan jantung seseorang dengan akurasi 84,52% menggunakan algoritma Neural Network backpropagation dan 79,88% menggunakan algoritma

Naïve Bayes menggunakan optimasi dan ini menunjukkan bahwa dengan 14 attribut yang sama untuk memprediksi penyakit jantung algoritma neural network jauh lebih baik daripada algoritma Naïve Bayes dengan Nilai AUC pada Algoritma Neural Network sebesar 0,601% (klasifikasi buruk) sedangkan pada Algoritma Naïve Bayes 0,577% (klasifikasi salah).

KESIMPULAN

Dari perbandingan kedua algoritma Neural Network dan Naïve Bayes untuk melakukan prediksi terhadap penyakit jantung dengan 14 atribut hasilnya lebih dari 75% tepat untuk mendeteksi penyakit jantung pada manusia hal ini bisa dijadikan tolak ukur untuk menjadi perhatian kepada orang yang memiliki data kesehatan berdasarkan data *training* diatas, namun meskipun memiliki akurasi yang baik, Algoritma Neural Network dan Algoritma Naïve Bayes memiliki nilai klasifikasi AUC yang buruk dan salah hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut misalnya dengan menambahkan beberapa atribut lain yang berhubungan dengan penyakit jantung sehingga akurasi dan nilai AUC nya sesuai harapan yaitu akurasi yang baik diperoleh dari klasifikasi yang baik juga.

REFERENSI

- dedaunan.com. (2019). Ciri-Ciri Penyakit Jantung yang Wajib Anda Ketahui. Retrieved from <https://dedaunan.com/ciri-ciri-penyakit-jantung-yang-wajib-anda-ketahui/>
- Effendy, N., Subagja, & Faisal, A. (2008). Prediksi penyakit jantung koroner (PJK) berdasarkan faktor risiko menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008 (SNATI 2008)*, (January), E19–E24.
- Habibi, M. Y. (Institut S. M., & Riksakomara, E. I. S. M. (2017). *Peramalan Harga Garam Konsumsi Menggunakan Artificial Neural Network Feedforward-Backpropagation (Studi Kasus : 6(2), A306–A310.*
- Kusumodestoni, R. H., & Zyen, A. K. (2015). PREDIKSI KECEPATAN ANGIN MENGGUNAKAN MODEL NEURAL NETWORK UNTUK MENGETAHUI BESAR DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN. *Jurnal DISPROTEK*, 6(1), 53–39.
- Lestari, M. E. I. (2014). PENERAPAN ALGORITMA KLASIFIKASI NEAREST NEIGHBOR (K-NN) UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT JANTUNG. *Faktor Exacta*, 7(September 2010), 366–371.

- Muhamad, H., Prasajo, C. A., Sugianto, N. A., Surtiningsih, L., Cholissodin, I., Ilmu, F., ... Optimization, P. S. (2017). OPTIMASI NAÏVE BAYES CLASSIFIER DENGAN MENGGUNAKAN PARTICLE. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, 4(3), 180–184.
- Nawawi, H. M., Purnama, J. J., & Hikmah, A. B. (2019). KOMPARASI ALGORITMA NEURAL NETWORK DAN NAÏVE BAYES UNTUK MEMPREDIKSI PENYAKIT JANTUNG. *Jurnal PILAR Nusa Mandiri*.
- Supriyatna, A., & Mustika, W. P. (2018). Komparasi Algoritma Naive bayes dan SVM Untuk Memprediksi Keberhasilan Imunoterapi Pada Penyakit Kulit. *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)*, Volume (2)(2), 152–161.
- Widiastuti, N. A., Santosa, S., & Supriyanto, C. (2014). ALGORITMA KLASIFIKASI DATA MINING NAÏVE BAYES BERBASIS PARTICLE SWARM. *Jurnal Pseudocode*, Volme 1 No, 11–14.
- Yunita. (2015). Prediksi Cuaca Menggunakan Metode Neural Network. *PARADIGMA VOL. XVII NO. 2 MARET 2015*, XVII(2), 47–53.