

KOMPARASI ALGORITMA C45 DAN NAIVE BAYES DALAM PREDIKSI PENDERITA PENYAKIT GAGAL JANTUNG

Robby Anggriawan^{1*}, Handoyo Widi Nugroho²

Program Pascasarjana Magister IIB Darmajaya¹, IIB Darmajaya²

¹robbyanggriawan67@gmail.com, ²handoyo.wn@darmajaya.ac.id

Abstract

Every year more than 36 million people die from Non-Communicable Diseases (PTM) (63% of all deaths). More than 9 million deaths from non-communicable diseases occur before the age of 60, and 90% of these “early” deaths occur in low- and middle-income countries. Globally PTM the number one cause of death each year is cardiovascular disease. Cardiovascular disease is a disease caused by impaired function of the heart and blood vessels, such as: coronary disease, heart failure or heart failure, hypertension and stroke. An estimated 17.3 million deaths are caused by cardiovascular disease.

Keywords: C45; Naïve Bayes; Rapid Miner; Heart Disease.

Abstrak

Setiap tahunnya lebih dari 36 juta orang meninggal karena Penyakit Tidak Menular (PTM) (63% dari seluruh kematian). Lebih dari 9 juta kematian yang disebabkan oleh penyakit tidak menular terjadi sebelum usia 60 tahun, dan 90% dari kematian “dini” tersebut terjadi di negara berpendapatan rendah dan menengah. Secara Global PTM penyebab kematian nomor satu setiap tahunnya adalah penyakit kardiovaskuler. Penyakit Kardiovaskuler adalah penyakit yang disebabkan gangguan fungsi jantung dan pembuluh darah, seperti: penyakit koroner, penyakit gagal jantung atau payuh jantung, hipertensi dan stroke. Diperkirakan sebanyak 17,3 juta kematian disebabkan oleh penyakit kardiovaskuler.

Kata Kunci: C4.5; Naïve Bayes; Rapid Miner; Penyakit Jantung.

1. PENDAHULUAN

Salah satu penyakit yang sering terjadi dan tidak menular (PTM) adalah penyakit jantung, Penyakit jantung tersebut merupakan penyakit merupakan kondisi yang terjadi ketika pembuluh darah utama yang menyuplai darah ke jantung mengalami kerusakan dan tidak dapat bekerja dengan semestinya hal tersebut dikarenakan banyak faktor. Tumpukan kolesterol pada pembuluh darah serta proses peradangan diduga salah satu menjadi faktor penyebab penyakit ini. Ketika terjadi penumpukan kolesterol (plak), pembuluh darah koroner akan menyempit sehingga aliran darah dan suplai oksigen menuju jantung pun akan terhambat sehingga mempengaruhi kestabilan proses bekerja jantung. Kurangnya aliran darah ini akan menyebabkan rasa nyeri pada dada (angina) dan sesak napas, hingga suatu saat terjadi hambatan total pada aliran darah menuju jantung atau yang disebut juga dengan serangan jantung. Menurut banyak penelitian penyakit jantung koroner termasuk salah satu penyebab kematian tertinggi di dunia.

Federasi Jantung Dunia memperkirakan angka kematian akibat penyakit jantung koroner di Asia Tenggara mencapai 1,8 juta kasus pada tahun 2014. Di Indonesia sendiri pada tahun 2013 tercatat ada setidaknya 883.447 orang yang terdiagnosis penyakit jantung koroner di Indonesia dengan mayoritas penderita berusia 55-64 tahun. Angka

kematian akibat penyakit jantung pun menjadi cukup tinggi, yakni sekitar 45 persen dari seluruh angka kematian di Indonesia (alodokter.com, 2013).

Pada acara peringatan hari jantung sedunia (*world heart day*) yang dicetuskan pertama kali oleh World Heart Federation pada tahun 2000 menginformasikan kepada orang-orang di seluruh dunia bahwa penyakit jantung dan stroke merupakan penyebab utama kematian di dunia yang saat ini di klaim mencapai 17,3 juta kematian setiap tahunnya. Angka kematian akibat penyakit jantung tersebut diperkirakan akan terus meningkat hingga mencapai 23,3 juta pada tahun 2030. Berdasarkan Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) Kemenkes RI Tahun 2013, prevalensi penyakit jantung koroner di Indonesia mencapai 0,5% dan gagal jantung sebesar 0,13% dari total penduduk berusia 18 tahun keatas sehingga harus penyakit tersebut harus selalu diwaspadai (dinkes.inhukab.go.id, 2015). Banyak faktor yang dapat meningkatkan risiko terkena penyakit jantung. Faktor risiko tersebut terdiri dari faktor risiko yang tidak dapat dimodifikasi seperti riwayat keluarga, umur serta jenis kelamin dan faktor risiko yang dapat dimodifikasi seperti hipertensi, kebiasaan merokok, penyakit diabetes, dislipidemia, obesitas, kurang aktifitas fisik, pola makan serta stres. Penyakit pembuluh darah, atau disebut dengan penyakit kardiovaskular atau disebut juga penyakit jantung. Penyakit ini berhubungan dengan proses aterosklerosis, yaitu suatu kondisi pada organ tubuh yang terjadi ketika zat yang disebut plak menumpuk di dinding arteri. Penumpukan ini menyebabkan penyempitan pada arteri sehingga aliran darah terhenti atau tersumbat dan tidak dapat beredar dengan semestinya, hal ini dapat mengakibatkan serangan jantung atau stroke (*American Heart Association (AHA), 2012*).

Salah satu bagian penting dari pengobatan atau tindakan medis adalah pengambilan keputusan dan proses klasifikasi atau prediksi pada suatu hal yang menjadi fokus seperti pendeteksian penyakit, namun klasifikasi medis atau prediksi biasanya merupakan proses yang sangat kompleks dan sulit dilakukan jika tak dapat mengetahui metode yang tepat dan terbaik dalam memberikan solusinya (*Data Mining and Medical Knowledge Management: Cases and Applications 2009*). Tantangan yang dihadapi oleh organisasi kesehatan adalah mendiagnosa pasien dengan benar, diagnosa atau prediksi yang buruk dapat menyebabkan konsekuensi yang mendatangkan malapetaka yang kemudian tidak dapat diterima (Asroni, Masajeng Respati, and Riyadi 2018). Untuk menjawab tantangan tersebut beberapa penelitian telah dilakukan dalam bidang kesehatan untuk mendapatkan prediksi penyakit dengan lebih akurat, namun belum diketahui metode apa yang paling akurat dalam memprediksi penyakit pasien. Berbagai macam teknik analisa yang secara konvensional dan manual yang selama ini digunakan tidak lagi begitu efektif digunakan untuk hal mendiagnosa suatu penyakit. Seiring dengan perkembangan teknologi dan system. berbasis pengetahuan terutama medis tuntutan akan adanya penggunaan sistem pengetahuan berbasis komputer sebagai teknik analisa dalam mendiagnosa penyakit menjadi semakin penting dan harus selalu dikembangkan. Oleh karenanya, saat inilah waktu yang tepat untuk mengembangkan sistem pengetahuan berbasis komputer yang modern, efektif dan efisien dalam mendiagnosa masalah penyakit (Derisma 2020).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membantu menyelesaikan permasalahan tersebut dengan data mining klasifikasi untuk prediksi penyakit jantung, diperlukan suatu metode atau teknik yang dapat mengolah data-data yang sudah ada. Salah satu metodenya menggunakan teknik data mining klasifikasi. Penggunaan data mining Algoritma C45 dan Naive Bayes dalam Klasifikasi Penderita Gagal Jantung sebagai pilihan untuk diagnosa penyakit jantung dapat menjadi alternatif pilihan yang tepat, tetapi sampai saat ini belum diketahui algoritma klasifikasi yang paling akurat dalam prediksi penyakit jantung.

Pada penelitian sebelumnya membandingkan algoritma klasifikasi data mining Naive Bayes Berbasis PSO untuk deteksi penyakit jantung. Pengukuran dengan Naives Bayes menghasilkan akurasi 82.14%, sementara dengan Naive Bayes Berbasis Particle Swarm Optimization akurasi meningkat menjadi 92.86%. (Wajhillah 2014)

Pada penelitian algoritma menggabungkan k-NN dengan algoritma genetika untuk klasifikasi yang lebih efektif. Algoritma genetika melakukan proses yang kompleks dan berikan solusi optimal. Hasil percobaan menunjukkan bahwa algoritma kami Meningkatkan akurasi diagnosis penyakit jantung (Munandar and Munir 2022).

Berdasarkan hal tersebut penulis melakukan penelitian dengan melakukan komparasi data mining dengan metode algoritma C4.5 dan Naive Bayes dalam klasifikasi penderita penyakit gagal jantung untuk mengetahui algoritma yang memiliki akurasi yang lebih tinggi dalam hal ini yaitu prediksi penyakit jantung. Karena kedua algoritma perlunya penanganan *missing attribute value* dengan *sequential methods* atau yang biasa disebut *preprocessing* karena pada *sequential methods* di dalamnya terdapat beberapa teknik penanganan *missing value*, sehingga teknik-teknik tersebut bisa dikomparasi dan diterapkan pada algoritma C4.5 dan Naive Bayes

2. KERANGKA TEORI

Penyakit jantung merupakan penyakit yang sangat berbahaya karena salah satu penyakit yang mematikan, terutama penyakit jantung koroner yang jumlah penderitanya sangat banyak dibandingkan dengan jenis penyakit jantung lainnya. Penyakit jantung koroner terjadi akibat adanya penyumbatan pembuluh arteri oleh plak yang menghambat suplai oksigen dan nutrisi ke jantung. Plak yang menyumbat pembuluh darah tidak muncul begitu saja. Kemunculan plak yang berupa timbunan lemak atau kalsium melalui proses secara bertahap. Biasanya, diawali dengan kekakuan pembuluh darah atau biasa di sebut dengan aterosklerosis, kemudian penyempitan pembuluh darah, (Effendi and Muhamad 2021)

2.1. Gejala Penyakit Jantung

Penyakit jantung koroner atau arteri koroner dianggap sangat berbahaya karena dapat menimbulkan serangan jantung mendadak yang berujung kematian. Serangan jantung terjadi akibat terhambatnya aliran darah menuju jantung sehingga suplai oksigen dan nutrisi di otot jantung dan jaringan disekitar jantung berkurang.

Tidak seperti otot tubuh lainnya, otot jantung tidak memiliki kemampuan beregenerasi. Apabila terdapat saja kerusakan maka akan berakibat fatal bagi tubuh. Semakin lama serangan jantung terjadi semakin banyak pula kerusakan pada jantung. Karena itu penting bagi kita untuk mengenali gejala-gejala dari penyakit jantung sehingga dapat memberikan pertolongan dengan segera. Gejala pnuakit jantung koroner secaa umum tidak dikenali oleh orang awam. Mereka terkadang menyepelekan dan menganggapnya wajar. Penderita baru menyadari bahwa dirinya terkena penyakit jantung koroner ketika kondisinya sudah parah. Bahkan, tak jarang dari mereka pada akhirnya harus meregang nyawa karena keterlambatan penanganan (Nawawi, Purnama, and Hikmah 2019)

2.2. Data Mining

Data Mining merupakan teknologi baru yang sangat berguna untuk membantu perusahaan-perusahaan menemukan informasi yang sangat penting dari gudang data mereka. Beberapa aplikasi data mining fokus pada prediksi, mereka meramalkan apa yang akan terjadi dalam situasi baru dari data yang menggambarkan apa yang terjadi di masa lalu (Dharmawan 2021). Kakas data mining meramalkan tren dan sifat-sifat perilaku bisnis yang sangat berguna untuk mendukung pengambilan keputusan penting. Analisis yang diotomatisasi yang dilakukan oleh data mining melebihi yang dilakukan oleh sistem pendukung keputusan tradisional yang sudah banyak digunakan. Secara

husus, koleksi metode yang dikenal sebagai 'data mining' menawarkan metodologi dan solusi teknis untuk mengatasi analisis data medis dan konstruksi prediksi model (Alfian, Susanto, and Khadizah 2017). Berdasarkan tugas dan tujuan analisis, proses data mining dapat dibagi menjadi dua kategori utama, Tergantung pada adanya target variabel dan metode belajar (*learning*) yaitu antara proses belajar yang diawasi (*supervised*) dan tanpa pengawasan (*unsupervised*) (Destiani et al. 2018)

2.3. Algoritma C4.5

Algoritma C4.5 adalah sebuah algoritma yang berfungsi untuk membangun decision tree (pohon keputusan). Algoritma C4.5 dan pohon keputusan merupakan dua model yang tidak terpisahkan. Algoritma C4.5 adalah salah satu dari algoritma klasifikasi yang kuat dan banyak digunakan atau di implementasikan untuk pengklasifikasian dalam berbagai hal. Algoritma C4.5 diperkenalkan oleh J. Ross Quinlan (1996) sebagai versi perbaikan dari algoritma Iterative Dichotomiser 3 (ID3). Serangkaian perbaikan dilakukan pada algoritma ID3 mencapai puncaknya dengan menghasilkan sebuah sistem praktis dan simple yang berpengaruh untuk pembentukan pohon keputusan. Perbaikan tersebut meliputi metode untuk menangani data kontinew, mengatasi missing data, dan melakukan pemangkasan pohon (Wajhillah 2014)

Untuk menghitung nilai gain rumus yang digunakan adalah (hidayah nur umi and dkk 2021) persamaan 2.1

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^S Entropy(S_i)$$

2.4 Algoritma Naïve Bayes

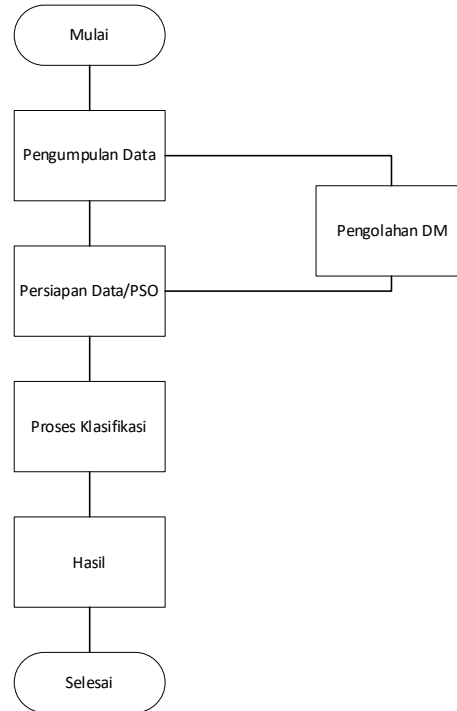
Algoritma Naïve Bayes merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan sekumpulan data. Algoritma ini memanfaatkan metode probabilitas dan Statistik yang dikemukakan oleh ilmuwan Inggris Thomas Bayes, yaitu memprediksi probabilitas di masa depan berdasarkan pengalaman di masa sebelumnya (Retnasari and Rahmawati 2017).

Naïve Bayes merupakan *machine learning* yang menggunakan perhitungan probabilitas yang menggunakan konsep pendekatan *Bayesian*. Kata Naïve, yang terkesan merendahkan, berasal dari asumsi *independensi* pengaruh nilai suatu atribut dari probabilitas pada kelas yang diberikan terhadap nilai atribut lainnya. Penggunaan teorema Bayes pada algoritma Naïve Bayes yaitu dengan mengkombinasikan prior probability dan probabilitas bersyarat dalam sebuah rumus yang bisa digunakan untuk menghitung probabilitas tiap klasifikasi yang mungkin. Rumus Naïve Bayes nya adalah:

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

3. METODOLOGI

Tahapan penelitian untuk menilai akurasi algoritma Decision Tree C4.5 dan Naive Bayes dapat dilihat dari Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini penulis akan membahas mengenai hasil dari penelitian, data tersebut akan dihitung menggunakan *feature selection* dengan menggunakan algoritma Decision Tree C4.5 dan Algoritma Naive Bayes yang kemudian akan diuji menggunakan *Split Validation* menggunakan algoritma Decision Tree C.45. *Dataset* yang digunakan merupakan *dataset* publik yang berasal dari kaggle.com dan dapat dilihat pada Gambar 2.

Age	Sex	ChestPainType	RestingBP	Cholesterol	FastingBS	RestingECG	MaxHR	ExerciseAngina	Oldpeak	ST_Slope	HeartDisease
40	M	ATA	140	289	0	Normal	172	N	0	Up	0
49	F	NAP	160	180	0	Normal	156	N	1	Flat	1
37	M	ATA	130	283	0	ST	98	N	0	Up	0
48	F	ASY	138	214	0	Normal	108	Y	1.5	Flat	1
54	M	NAP	150	195	0	Normal	122	N	0	Up	0
39	M	NAP	120	339	0	Normal	170	N	0	Up	0
45	F	ATA	130	237	0	Normal	170	N	0	Up	0
54	M	ATA	110	208	0	Normal	142	N	0	Up	0
37	M	ASY	140	207	0	Normal	130	Y	1.5	Flat	1
48	F	ATA	120	284	0	Normal	120	N	0	Up	0
37	F	NAP	130	211	0	Normal	142	N	0	Up	0
58	M	ATA	136	164	0	ST	99	Y	2	Flat	1
39	M	ATA	120	204	0	Normal	145	N	0	Up	0
49	M	ASY	140	234	0	Normal	140	Y	1	Flat	1
42	F	NAP	115	211	0	ST	137	N	0	Up	0
54	F	ATA	120	273	0	Normal	150	N	1.5	Flat	0
38	M	ASY	110	196	0	Normal	166	N	0	Flat	1
43	F	ATA	120	201	0	Normal	165	N	0	Up	0
60	M	ASY	100	248	0	Normal	125	N	1	Flat	1

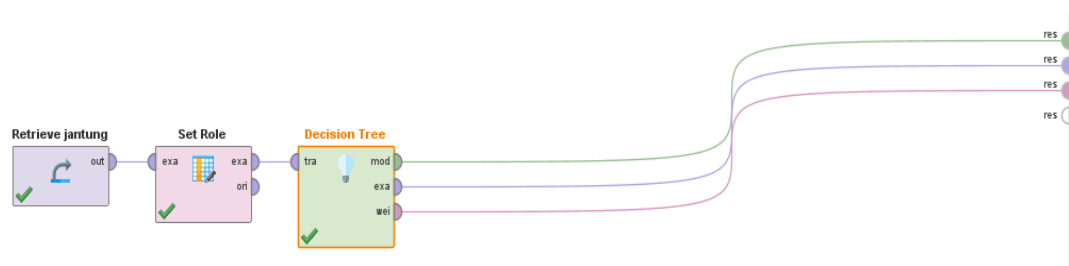
Gambar 2. Dataset Gagal Jantung

Data akan diseleksi untuk menentukan variabel apa saja yang akan diambil agar tidak terjadi kesamaan dan perulangan yang tidak diperlukan dalam pengolahan teknik data mining, dalam penanganan kasus yang terjadi pada *dataset public*, dalam penseleksian data dapat dilakukan dengan cara *import data* ke dalam Rapid Miner, data tersebut tidak akan dapat diolah karena masih terdapat beberapa *error data* dan program akan secara otomatis memberi tahu bahwa dataset perlu dilakukan preprocessing. Setelah *data error* tersebut ditemukan kita dapat menyeleksi dengan melakukan filter untuk menghapus data tersebut sehingga data dapat diproses kedalam sistem.

Row No.	HeartDisease	Age	Sex	ChestPainTy...	RestingBP	Cholesterol	FastingBS	RestingECG	MaxHR
1	0	40	M	ATA	140	289	0	Normal	172
2	1	49	F	NAP	160	180	0	Normal	156
3	0	37	M	ATA	130	283	0	ST	98
4	1	48	F	ASY	138	214	0	Normal	108
5	0	54	M	NAP	150	195	0	Normal	122
6	0	39	M	NAP	120	339	0	Normal	170
7	0	45	F	ATA	130	237	0	Normal	170
8	0	54	M	ATA	110	208	0	Normal	142
9	1	37	M	ASY	140	207	0	Normal	130
10	0	48	F	ATA	120	284	0	Normal	120
11	0	37	F	NAP	130	211	0	Normal	142
12	1	58	M	ATA	136	164	0	ST	99
13	0	39	M	ATA	120	204	0	Normal	145
14	1	49	M	ASY	140	234	0	Normal	140

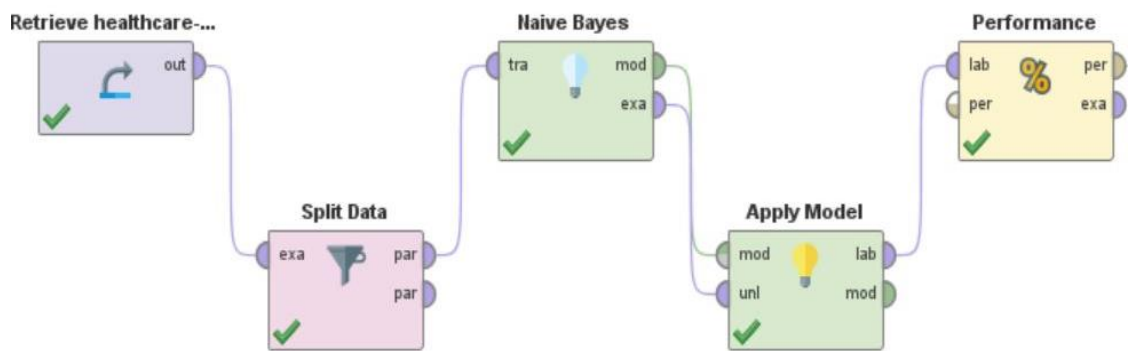
Gambar 3. Dataset Gagal Jantung

Pada algoritma *decision tree*, record yang sudah di *import* ke Rapid Miner akan digunakan untuk menentukan pola pohon keputusan, Hasil dari pola pohon keputusan dapat dilihat pada Gambar 6.

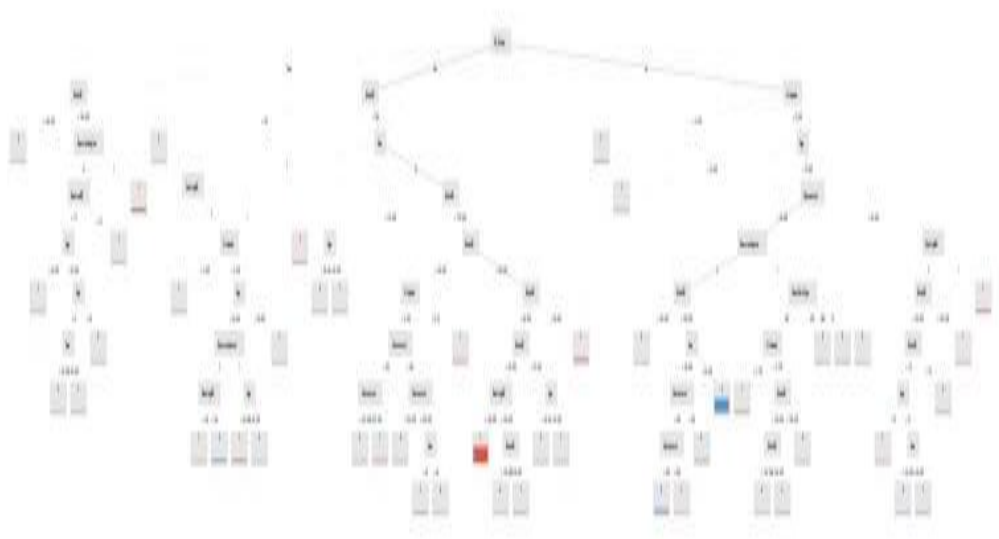


Gambar 4. Proses

Penerapan data pada Rapid Miner untuk klasifikasi dengan menggunakan *split validation* dengan nilai akurasi, *precision*, *confusion matrix* atau nilai *recall* dan nilai AUC dengan pembagian *data training* dan *testing* sebesar 70:30. dapat dilihat pada Gambar 5.



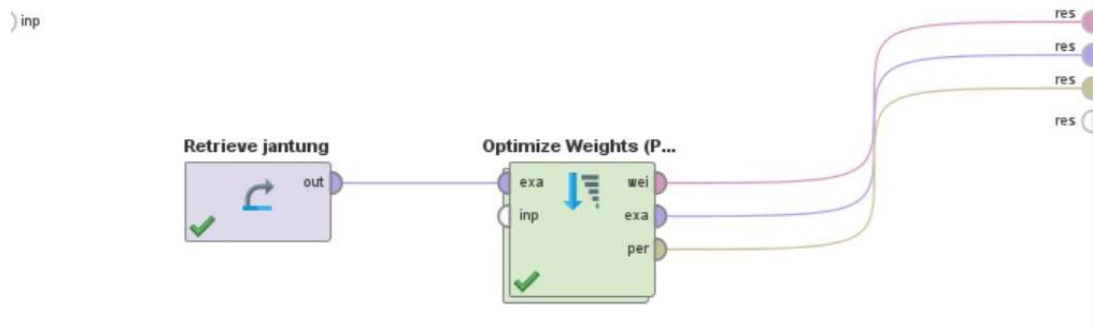
Gambar 5. Proses menggunakan Algoritma Naïve Bayes Split Validation



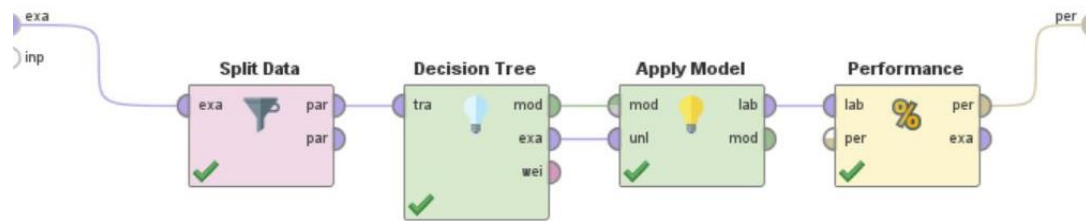
Gambar 6. Pola Pohon Keputusan

Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO) Decision Tree C4.5 dan Algoritma Naïve Bayes

Metode untuk meningkatkan tingkat akurasi dalam klasifikasi adalah penggunaan teknik optimasi. Sehingga peneliti menggunakan eksperimen lanjutan dengan menggunakan teknik optimasi seleksi fitur Particle Swarm Optimization (PSO) dengan algoritma Decision Tree C4.5. dan Algoritma Naïve Bayes Penerapan Metode dan algoritma pada rapidminer 9. 10 ditunjukkan pada Gambar 7.

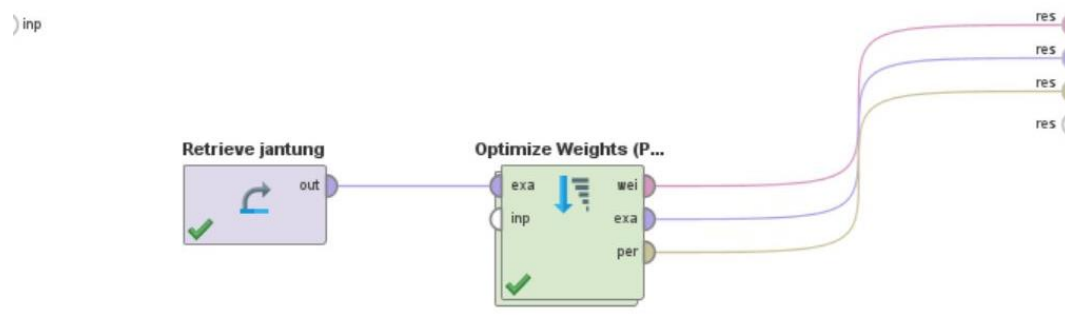


Gambar 7. Proses 1 Particle Swarm Optimization (PSO) dan Decision Tree C4.5

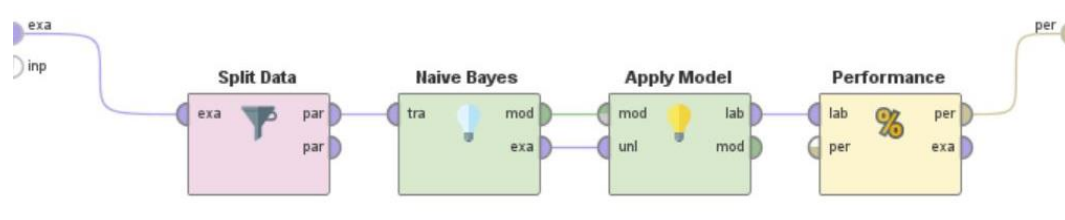


Gambar 8. Proses 2 Particle Swarm Optimization (PSO) dan Decision Tree C4.5

Particle Swarm Optimization (PSO) Naïve Bayes Dengan Split Data (70:30)



Gambar 9. Proses 1 Particle Swarm Optimization (PSO) dan Naïve Bayes



Gambar 10. Proses 1 Particle Swarm Optimization (PSO) dan Naïve Bayes

Tabel 1. Perbandingan Akurasi

No	Algoritma	Akurasi	AUC
1	C4.5	95,16%	0,773
2	C4.5 + PSO	95,18%	0,988
3	Naïve Byes	90,87%	0,830
4	Naïve Byes + PSO	88,34%	0,944

Dari hasil pengujian pada penelitian ini, dapat dilihat bahwa performansi akurasi Decision tree C4.5 sangat meningkat ketika dilakukannya fitur seleksi oleh algoritma Naïve Bayes menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO) pada *dataset* gagal jantung dari nilai nilai *accuracy* 95,18 %, dan nilai AUC 0, 998. Kinerja algoritma pada penelitian ini menunjukkan performa yang sangat baik sekali dan tingkat akurasi yang sangat tinggi.

5. KESIMPULAN

Dari pengukuran kinerja dengan melakukan komparasi dua algoritma yang telah dilakukan berdasarkan jumlah data maka dapat disimpulkan bahwa algoritma *Decision Tree* memiliki kemampuan dalam pengambilan keputusan untuk menentukan penderita gagal Jantung.

Adapun hasil penelitian dari percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Algoritma *Decision Tree* memiliki tingkat akurasi tertinggi yaitu 95,16% sedangkan *Naïve Bayes* sebesar 90,87%.
2. Model algoritma *Decision Tree* memiliki AUC sebesar 0,773 dan *Naïve Bayes* 0,830.
3. Algoritma *Decision Tree* C4.5 Akurasi meningkat ketika dilakukannya seleksi fitur PSO pada *dataset* prediksi penyakit gagal jantung dari nilai akurasi 0,95,16 % menjadi 95,18, %.
4. AUC Algoritma *Decision Tree* C4.5 Nilai AUC juga mengalami peningkatan sebelum 0.773 menjadi AUC: 0.988.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Riza, Yugo Susanto, and Siti Khadizah. 2017. "Kualitas Hidup Pasien Hipertensi Dengan Penyakit Penyerta di Poli Jantung RSUD Ratu Zalecha Martapura." *Jurnal Pharmascience* 4(2).
- Asroni, Asroni, Badrahini Masajeng Respati, and Slamet Riyadi. 2018. "Penerapan Algoritma C4.5 Untuk Klasifikasi Jenis Pekerjaan Alumni Di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta." *Semesta Teknika* 21(2): 158–65.
- "Data Mining and Medical Knowledge Management: Cases and Applications." 2009. P. Berka, J. Rauch, D. Zighed. Published 27 January 2009 *Computer Science, Medicine*.
- Derisma, D. 2020. "Perbandingan Kinerja Algoritma Untuk Prediksi Penyakit Jantung Dengan Teknik Data Mining." *Journal of Applied Informatics and Computing* 4(1): 84–88.
- Destiani, Dinda Karlia et al. 2018. "Klasifikasi Sinyal Ecgagal Jantung Menggunakan Wavelet Dan Jst Propagasi Balik Dengan Modifikasi Gradien Konjugat Polak-Ribiere Heart Failure Ecg Signal Classification Using Wavelet and Ann Backpropagation With Polak-Ribiere Conjugate Gradient." 5(1): 1811–18.
- Dharmawan, Weiskhy Steven. 2021. "I N F O R M a T I K a Dalam Prediksi Penyakit Jantung." *Jurnal Informatika, Manajemen dan Komputer* 13(2): 31–41.
- Effendi, Ferry, and Arief Muhamad. 2021. "Perbandingan Efektivitas Kombinasi Carvedilol – Ramipril Dan Bisoprolol – Candesartan Pada Pasien Gagal Jantung Kongestif Di Rsud Ciawi." *Jurnal Farmamedika (Pharmamedica Journal)* 6(1): 24–28.
- Hidayah Nur Umi, and dkk. 2021. "Hidayah Nur Umi Dkk." *Nalisis Metode K Nearest Neighbor Terhadap Klasifikasi Data Pasien Penderita Gagal Jantung* 28: 145–58. <http://www.riss.kr/link?id=A99932365>.
- Munandar, Tb Ai, and Agus Qomaruddin Munir. 2022. "Implementasi K-Nearest Neighbor Untuk Prototype Sistem Pakar Identifikasi Dini Penyakit Jantung." *Respati* 17(2): 44.
- Nawawi, Hendri Mahmud, Jajang Jaya Purnama, and Agung Baitul Hikmah. 2019. "Komparasi Algoritma Neural Network Dan Naïve Bayes Untuk Memprediksi Penyakit Jantung." *Jurnal Pilar Nusa Mandiri* 15(2): 189–94.
- Retnasari, Tri, and Eva Rahmawati. 2017. "Diagnosa Prediksi Penyakit Jantung Dengan Model Algoritma Naïve Bayes Dan Algoritma C4.5." *Konferensi Nasional Ilmu Sosial & Teknologi (KNiST)*: 7-12Retnasari, T., Rahmawati, E. (2017). Diagnos.

This coverage is not sanctioned by, nor a part of, the American Heart Association. 2012. *American Heart Association (AHA) 2012 Scientific Sessions*.

Wajhillah, Rusda. 2014. "Particle Swarm Optimization Untuk Prediksi Penyakit Jantung." I(1): 26–36.
<http://www.rusdaw.jimdo.com>.