

Prediksi Kelulusan Mahasiswa Tepat Waktu dengan Algoritma C4.5 dengan Particle Swarm Optimization pada Univeristas XYZ

Rusyda Maulida¹, Bani²

¹Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No 1 Pamulang, Tangerang Selatan, 15417
e-mail: ¹dosen02114@unpam.ac.id

²Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No 1 Pamulang, Tangerang Selatan, 15417
e-mail: ²dosen02381@unpam.ac.id

Abstract

The Department of Informatics is now one of the most favorite majors among students, both regular and employee classes. With a large number of students, a high number of undergraduate graduates will reduce the quality of high returns. To reduce the level of late graduation for informatics engineering students, students need to be educated seriously in order to graduate on time. Therefore it must be known which students must be educated seriously. Paying attention to the course data that is often repeated by students is a calculus course, therefore this research was conducted to measure and obtain a model to predict student graduation seen from the value of subjects whose level of graduates were not, the courses to be used were calculus courses. The algorithm used in this study is the C4.5 algorithm with PSO as the attribute selector. From the data used as many as 957 student data from semester 1 and semester 2 obtained 84.72% accuracy. This study has the aim that the campus can predict students who will be late graduating, which then the campus will provide a warning or special steps given to these students so that students can graduate on time.

Abstrak

Jurusan Teknik Informatika sekarang ini menjadi salah satu jurusan yang favorit dikalangan mahasiswa, baik mahasiswa kelas reguler ataupun kelas karyawan. Dengan jumlah mahasiswa yang banyak, jika peringkat tidak lulus banyak akan menurunkan kualitas perguruan tinggi. Untuk mengurangi tingkat keterlambatan lulus kuliah untuk mahasiswa teknik informatika, mahasiswa perlu di didik secara serius agar dapat lulus tepat waktu. Oleh sebab itu harus diketahui mahasiswa mana saja yang harus di didik secara serius. Memperhatikan data mata kuliah yang banyak diulang oleh mahasiswa adalah mata kuliah kalkulus, oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengukur dan mendapatkan model untuk memprediksi kelulusan mahasiswa dilihat dari nilai mata kuliah yang tingkat ketidak lulusannya, mata kuliah yang akan digunakan adalah mata kuliah kalkulus. Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma C4.5 dengan PSO sebagai pemilih atribut. Dari data yang digunakan sebanyak 957 data mahasiswa dari semester 1 dan semester 2 diperoleh akurasi 76.96%. Penelitian ini memiliki tujuan agar pihak kampus dapat memprediksi mahasiswa yang akan terlambat lulus, yang kemudian pihak kampus akan memberikan peringatan ataupun langkah khusus yang diberikan kepada mahasiswa tersebut agar mahasiswa tersebut dapat lulus tepat waktu.

Keywords: c4.5, pso, kelulusan

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi beserta aplikasinya di segala bidang tidak bisa lepas dari banyaknya mahasiswa serta lulusan teknik informatika. Pemanfaatan teknologi informasi sudah menjangkau segala bidang dalam aktivitas

keseharian manusia, baik dalam lingkungan pendidikan, organisasi, perusahaan maupun masyarakat umum. Penggunaan teknologi informasi ini banyak dilakukan oleh lulusan teknik informatika maupun lulusan jurusan lainnya. Penggunaan teknologi informasi banyak

membantu kita dalam melakukan pekerjaan dengan lebih baik dan efisien. Didalam suatu Universitas penggunaan komputer.

Semakin ketatnya persaingan mahasiswa yang telah lulus dalam mendapatkan pekerjaan menjadikan perguruan tinggi harus menghasilkan sarjana yang berkualitas dan memiliki daya saing. Oleh sebab itu perguruan tinggi selalu melakukan evaluasi keberhasilan mahasiswa. Evaluasi keberhasilan mahasiswa dapat dilihat dari nilai akademik serta waktu yang ditempuh sampai mahasiswa tersebut lulus. Dalam perguruan tinggi, kelulusan mahasiswa menjadi faktor yang tinggi dalam menentukan perguruan tinggi berkualitas atau tidak, maka harus diperhatikan tingkat kelulusan tepat waktunya. Jika terjadi penurunan jumlah kelulusan mahasiswa secara signifikan maka akan menjadi permasalahan yang sangat serius. Bahkan dapat mempengaruhi akreditasi perguruan tinggi tersebut. Untuk itu prediksi dan evaluasi secara berkala terhadap klasifikasi tingkat kelulusan mahasiswa diperlukan[1].

Bagi mahasiswa kelulusan adalah awal dalam menentukan karir untuk menuju jenjang lebih tinggi bahkan dalam menentukan masa depannya. Bahkan bagi perguruan tinggi, kelulusan menjadi salah satu standar akreditasi.

Seiring dengan meningkatnya jumlah peminat pendidikan Teknik Informatika di Universitas Pamulang, maka universitas sudah seharusnya memiliki tindakan khusus dalam menyeimbangkan antara jumlah mahasiswa yang masuk dengan jumlah mahasiswa yang keluar. Salah satunya adalah dengan melakukan pengontrolan kelulusan yang tepat waktu bagi mahasiswa Teknik Informatika.

Beberapa penelitian telah banyak dilakukan dengan menggunakan Data Mining untuk menggali dan memperoleh model yang dihasilkan dari data yang telah diproses dan diukur keakuratannya seperti membandingkan algoritma C4.5 dan Chart dalam mengklasifikasi nilai mahasiswa dengan C4.5 lebih unggul dengan akurasi 85.615 dibanding chart 84.95% [2], C4.5 Backward dan k-NN Backward untuk memprediksi kelulusan tepat waktu dengan keakuratan 89.14% dengan k-NN Backward [3], penerapan C4.5 dalam memprediksi kelulusan mahasiswa berdasarkan nilai akademik yang memperoleh akurasi 47.71% [4], pemodelan data menggunakan c4.5 dan c4.5 berbasis particle swam optimization untuk memprediksi mahasiswa

dengan nilai akurasi c4.5 berbasis PSO unggul dengan 86.09% [5], implementasi data Mining dengan metode c4.5 untuk memprediksi tingkat kelulusan mahasiswa dengan akurasi 87.5% [6].

Penelitian di atas banyak menggunakan atribut seperti nilai akademik akhir atau menggunakan indeks prestasi kumulatif (IPK) dalam memprediksi kelulusan, juga menambahkan atribut asal sekolah serta penghasilan orang tua. Penelitian yang diusulkan adalah penelitian untuk mendapatkan model yang akan diterapkan dalam aplikasi sistem pakar untuk memprediksi mahasiswa lulus tepat waktu atau tidak dengan atribut yang digunakan nilai mata kuliah kalkulus. Selain nilai kalkulus, juga akan ditambahkan atribut IPK saat semester 1 dan semester 2. Penelitian ini akan menggunakan metode C4.5 dengan Particle Swarm Optimization (PSO) sebagai penentuan atribut mana yang dihilangkan. Algoritma C4.5 dipilih karena algoritma ini sangat baik untuk membuat klasifikasi, model yang dihasilkan dari metode ini juga sangat mudah untuk diterapkan kedalam sebuah aplikasi.

Penelitian ini akan menggunakan data mahasiswa didua angkatan, yaitu tahun 2017 dan 2018 dengan seluruh mahasiswa dibagi menjadi 75% sebagai sampel dan 25 sebagai tes. Dari hasil penelitian ini diharapkan mendapatkan sebuah model yang dapat diaplikasikan, guna mendapatkan klasifikasi mahasiswa yang akan terlambat lulus kuliah. Sehingga kampus akan memiliki tingkat kelulusan yang tinggi. Setelah didapatkan model dan proses sebelumnya, kami akan mengaplikasikannya dalam bentuk software berbasis web. Aplikasi ini diharapkan dapat membantu perguruan tinggi dalam mengambil sikap bagi mahasiswa yang diprediksi tidak lulus.

2. PENELITIAN YANG TERKAIT

Penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penggunaan metode dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Indri Rahmayuni [2] dalam penelitiannya yang berjudul perbandingan performansi algoritma c4.5 dan cart dalam klasifikasi data nilai mahasiswa prodi teknik komputer politeknik negeri padang memperoleh algoritma C4.5 memiliki akurasi yang lebih baik dari algoritma CART, dengan akurasi C4.5 sebesar 85.61%, recall 0.848, precision 0.865 dengan menggunakan data angkatan 2006 sampai 2010.

Penelitian Purwanto [3] yang memprediksi kelulusan tepat waktu menggunakan metode C4.5 backward elimination dan k-NN backward elimination mendapatkan nilai yang lebih baik dari pada C4.5 dan k-NN saja dengan nilai 89.14% untuk metode k-NN backward elimination dan 84.75% untuk C4.5 backward elimination. Pengujian data prediksi kelulusan tepat waktu menggunakan perbandingan algoritma K-NN dan C4.5 menghasilkan data keakuratan yang tinggi diatas 80%. Keakuratan data dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur Backward Selection/Elimination sehingga meningkatkan keakuratan data pada penelitian ini.

Pada penelitian yang dilakukan Selvia Lorena [5] yang memprediksi masa studi mahasiswa berdasarkan nilai akademik, memperoleh akurasi yang sangat kecil yaitu 47.71% dari 35 data testing dengan konfigurasi atribut mata kuliah algoritma dan pemrograman, kalkulus 1, kalkulus 2, fisika 1, fisika 2 dan pengantar sistem komputer.

Penelitian lain yang memanfaatkan metode decision tree untuk memprediksi kelulusan mahasiswa, dengan parameter atribut usia, jenis kelamin, indeks prestasi semester 1 sampai semester 4 serta atribut class nya mahasiswa lulus tepat waktu dan tidak tepat waktu dengan k-fold (number of validations) menggunakan range k=3, k=5 dan k=10 memperoleh akurasi tertinggi pada k=3 yaitu sebesar 91.51% lebih tinggi dari pada menggunakan algoritma ID3 dan CHAID dimana ID3 mendapatkan akurasi 40,36% pada k=3 dan CHAID mendapatkan 34.70% pada k=3 [8].

Implementasi data mining dengan metode c4.5 untuk memprediksi tingkat kelulusan mahasiswa dengan akurasi 87.5% [7] oleh Hansun dan tim. Data set yang digunakan yaitu data 3 angkatan, dengan konfigurasi 27 data training dari angkatan 2007, 39 data training dari angkatan 2008 dan angkatan 2009 sebagai data testing.

Penelitian yang dilakukan Hermansyah [9] dalam penentuan tingkat kelulusan tepat waktu menggunakan algoritma C4.5 dengan data sebanyak 200 siswa. Hasil dari proses klasifikasi dievaluasi dengan menggunakan confusion matrix, ROC Curve, Recall. Berdasarkan hasil eksperimen dan evaluasi yang dilakukan bahwa algoritma C 4.5 akurat dan dapat diterapkan untuk mengetahui tingkat kelulusan siswa. Setelah pengujian akurasi

prediksi yang dihasilkan dari uji coba mencapai 95,00% dari hasil klasifikasi.

Penelitian Putri [7] yang menerapkan pada aplikasi yang dibangun untuk memprediksi kelulusan mahasiswa dengan algoritma C4.5 disertai dengan metode error-based pruning untuk proses pemotongan pohon keputusan. Kriteria yang digunakan adalah jenis kelamin, asal daerah, IPK, dan TOEFL. C4.5 digunakan untuk mendapatkan prediksi kelulusan dengan nilai rata-rata presisi 63.93%, recall 60.73%, dan akurasi 60.52%. Setelah pohon keputusan dipotong dengan menggunakan metode error-based pruning, hasil didapatkan lebih baik. Pohon keputusan yang telah dipotong dengan menggunakan nilai confidence 0,4 menghasilkan presisi 70.70%, recall 50.65%, dan akurasi 61.57%. Sedangkan pohon keputusan yang dipotong dengan menggunakan nilai confidence 0,25 menghasilkan precision 73.77%, recall 48.84%, dan akurasi 62.44%.

Pada penelitian lain menerapkan pemilihan atribut guna meningkatkan akurasi pada data yang digunakan, seperti pada penelitian Lin [8]. Penulis menerapkan untuk pemilihan atribut dan pemilihan fitur menggunakan Particle swarm optimization (PSO). Penelitian ini menyajikan optimasi berbasis PSO, mampu mencari parameter optimal nilai untuk algoritma yang digunakan untuk mendapatkan bagian dari fitur yang bermanfaat. Subset fitur yang optimal ini kemudian diadopsi dalam data training dan testing untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam klasifikasi.

Dalam penelitian Romi Satrio Wahono [9], mengusulkan kombinasi Particle Swarm Optimization dan bagging technique untuk meningkatkan akurasi prediksi cacat perangkat lunak. Particle Swarm Optimization diterapkan untuk menangani pemilihan fitur, dan bagging technique digunakan untuk menangani masalah ketidakseimbangan kelas. Metode yang diusulkan dievaluasi menggunakan set data dari repositori data metrik NASA. Hasil telah menunjukkan bahwa metode yang diusulkan membuat peningkatan yang mengesankan dalam kinerja prediksi untuk sebagian besar pengklasifikasian.

Penelitian Hastuti dalam memprediksi mahasiswa non aktif dengan mengkomparasi algoritma [10]. Banyak algoritma klasifikasi data mining yang dapat digunakan, sehingga perlu dilakukan komparasi untuk mengetahui tingkat akurasi dari masing-masing algoritma. Algoritma

yang digunakan adalah logistic regression, decision tree, naïve bayes dan neural network. Data yang digunakan sebanyak 3861 mahasiswa program. Hasil dari proses klasifikasi dievaluasi dengan menggunakan cross validation, confusion matrix, ROC Curve dan T-Test untuk mengetahui algoritma klasifikasi data mining yang paling akurat untuk prediksi mahasiswa non aktif. Hasil bahwa decision tree merupakan algoritma yang paling akurat dengan nilai 95.29%.

Penelitian lain yang membandingkan algoritma C4.5 dan ID3 [11] dengan menggunakan dua algoritma C4.5 dan ID3 dengan data yang digunakan adalah data awal masuk mahasiswa dan data prestasi akademik mahasiswa Universitas Maritim Raja Ali Haji yaitu mahasiswa angkatan 2012, data awal yang digunakan adalah Jalur pendaftaran, jurusan, jenis kelamin, pekerjaan orang tua, asal daerah, dan prestasi akademik yang digunakan adalah IPK. Dari hasil yang didapat ID3 memiliki akurasi 87.3403% dengan waktu eksekusi 0.515 detik dan C4.5 memiliki akurasi 70.0348 % dengan waktu eksekusi 0.452 detik. Dari hasil rule dapat dilihat bahwa algoritma C4.5 lebih sederhana dibandingkan dengan algoritma ID3.

Penelitian yang dilakukan Sabna [12] menerapkan data Mining untuk memprediksi prestasi akademik berdasarkan atribut dosen, motivasi, kedisiplinan, ekonomi dan hasil belajar. Data yang akan diproses dalam penelitian tersebut adalah bersumber dari data yang tersedia dan data penyebaran kuesioner. Data yang disebarakan melalui kuesioner terdiri dari 5 variabel yaitu adalah data yang terkait dengan peran dosen, motivasi, kedisiplinan, sosial ekonomi, dan hasil belajar masa lalu. Metode data Mining yang digunakan adalah metode klasifikasi dengan algoritma C4.5. Pengujian ini dilakukan dengan analisis tingkat Performansinya dengan metode Area Under Curve (AUC) memperoleh nilai 65%. Namun dalam penelitian tersebut, tidak disebutkan berapa akurasi dari data yang diproses.

Dari beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang kami ajukan, banyak yang menggunakan algoritma C4.5 untuk mengklasifikasi dan memprediksi kelulusan mahasiswa. Dengan menambahkan Particle Swarn Optimization yang mampu mencari parameter optimal untuk algoritma yang digunakan untuk mendapatkan bagian dari fitur yang bermanfaat. Subset fitur yang optimal ini kemudian diadopsi dalam data training dan testing untuk mendapatkan

hasil yang optimal dalam klasifikasi. Oleh karena itu penelitian ini akan menggabungkan algoritma C4.5 dan PSO.

3. METODE PENELITIAN

Teknik penelitian mengacu pada perilaku dan instrumen yang kita gunakan dalam melakukan operasi penelitian seperti melakukan pengamatan, pencatatan data, teknik pengolahan data dan sejenisnya. Metode penelitian mengacu pada perilaku dan instrumen yang digunakan dalam memilih dan membangun teknik penelitian [13].

Penelitian secara umum dapat diartikan sebagai sebuah usaha untuk mencari pengetahuan. Pencarian pengetahuan ini melalui metode pencarian solusi dari permasalahan secara objektif dan sistematis. Berikut empat jenis penelitian dasar yang saling berlawanan [13]:

a. Deskriptif vs Analitis

Penelitian deskriptif mencakup survei dan pencarian fakta dengan berbagai jenis. Tujuan utama penelitian deskriptif adalah deskripsi keadaan saat ini seperti yang ada saat ini. Sedangkan dalam penelitian analitis, di sisi lain peneliti harus menggunakan fakta atau informasi yang sudah tersedia, dan menganalisis untuk melakukan evaluasi terhadap objek penelitian.

b. Terapan vs Fundamental

Penelitian terapan bertujuan untuk menemukan solusi untuk masalah yang dihadapi masyarakat atau organisasi, sedangkan fundamental memiliki tujuan utama untuk mencari generalisasi dari solusi permasalahan dan merumuskan teori untuk memecahkan permasalahan.

c. Kuantitatif vs Kualitatif

Penelitian kuantitatif didasarkan pada pengukuran jumlah atau banyak. Hal ini berlaku untuk semua kejadian yang dapat diekspresikan dalam bentuk kuantitas. Sedangkan penelitian kualitatif berkaitan dengan kejadian kualitatif, yaitu kejadian yang berkaitan dengan atau menyangkut kualitas atau jenis.

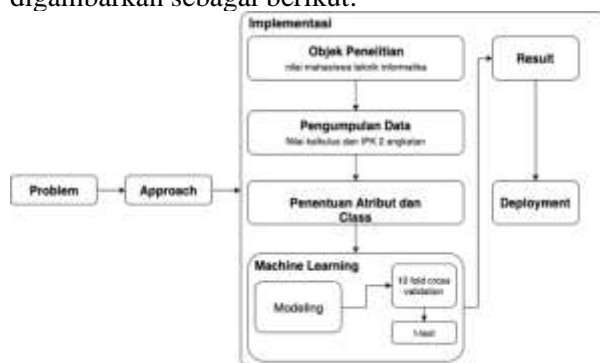
d. Konseptual vs empiris

Penelitian konseptual adalah berkaitan dengan beberapa gagasan atau teori abstrak. Hal ini umumnya digunakan oleh para filsuf dan pemikir untuk mengembangkan konsep baru

atau untuk menafsirkan ulang yang sudah ada. Sedangkan empiris bergantung pada pengalaman atau pengamatan sendiri. Ini adalah penelitian berbasis data, menghasilkan kesimpulan yang dapat diverifikasi dengan observasi atau eksperimen.

Berdasarkan jenis-jenis penelitian di atas, penelitian pada proposal ini adalah penelitian empiris dan terapan, karena bertujuan untuk menemukan solusi pada masalah yang dihadapi serta hasil dari penelitian ini dapat diverifikasi kebenarannya dengan prosedur percobaan yang akan di paparkan pada penelitian ini.

Kerangka kerja penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka Penelitian

1. Problem

Pada tahapan ini adalah menentukan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini. Yaitu mencari model untuk dapat dilakukan prediksi kelulusan terhadap mahasiswa dengan berdasarkan pada nilai kalkulus serta IPK pada semester tersebut.

2. Approach

Tahapan ini menentukan metode yang akan digunakan dalam menyelesaikan masalah yang telah ditentukan pada tahapan pertama, dalam penelitian ini algoritma yang akan digunakan adalah algoritma klasifikasi C4.5 berbasis PSO seperti penelitian sebelumnya yang banyak menggunakan algoritma ini dalam melakukan klasifikasi pada data dengan objek penelitian lembaga pendidikan.

3. Implementasi

Pada tahapan ini, data yang akan digunakan adalah data nilai akademik

khususnya nilai mata kuliah kalkulus serta nilai IPK pada semester tersebut. Nilai matakuliah akan diambil lebih dari 1 lembaga, agar data semakin bervariasi. Nilai IPK diambil pada saat mata kuliah kalkulus di berikan kepada mahasiswa.

a. Objek penelitian di tahap ini adalah sebagai Business Understanding, sehingga akan menentukan tujuan yang sesuai dengan tujuan dari objek penelitian.

b. Pengumpulan data di tahap ini sebagai Data Understanding, data yang digunakan adalah data primer. Artinya data yang sudah dimiliki oleh objek penelitian, yaitu data nilai matakuliah kalkulus dan IPK semester.

c. Penentuan atribut disini sebagai Data Preparation, data yang telah diperoleh di tahap sebelumnya, dilakukan pengolahan sehingga dapat diterapkan pada tahap selanjutnya.

d. Proses penemuan pengetahuan atau informasi dalam pengolahan data dapat dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu [14]:

- Data cleaning (untuk menghilangkan data yang mengganggu dan tidak konsisten)
- Data integration (menggabungkan sumber-sumber data yang banyak/multiple)
- Pemilihan data (pengambilan data dari basis data yang relevan dengan tugas analisis)
- Data diubah dan dikonsolidasikan ke dalam bentuk-bentuk yang sesuai untuk ditambang melalui operasi agregasi dan ringkasan.
- Pemrosesan data (proses penting mengekstraksi pola-pola data).
- Mengidentifikasi pattern yang merepresentasikan pengetahuan berdasarkan “interestingness-measures”.
- Gambaran pengetahuan (visualisasi dan teknik gambaran

pengetahuan yang dapat disampaikan kepada pengguna).

- e. Machine Learning yang akan digunakan adalah Rapidminer, adalah framework yang digunakan untuk melakukan pemodelan dan evaluasi dalam penelitian, penelitian ini akan mengklasifikasi data yang telah dipersiapkan menggunakan algoritma yang ditentukan yaitu algoritma C4.5 berbasis PSO.
- f. Result adalah tahapan pengambilan kesimpulan setelah data diproses dan dilakukan evaluasi menggunakan Rapidminer.
- g. Deployment adalah melakukan penerapan dari hasil penelitian ini, sehingga dapat dimanfaatkan. Tahapan ini akan dibangun sistem yang telah diterapkan model dari hasil penelitian ini.

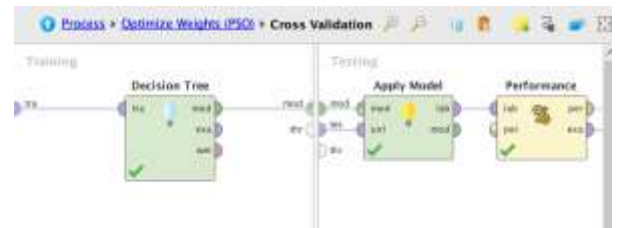
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi dari metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan aplikasi rapidminer untuk menemukan model dari data yang dipakai.



Gambar 2. Implementasi Model Menggunakan Rapidminer

Gambar 2 menunjukkan penerapan model dari metode yang digunakan yaitu memanfaatkan *particle swarm optimization (PSO)* untuk menentukan bobot dari atribut. Didalam *Optimize Weight (PSO)* diterapkan *k-fold validation* dengan menggunakan operator *Cross Validation* seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Proses didalam operator *Cross Validation*

Dari proses tersebut diperoleh akurasi 84.72% untuk data yang digunakan.

accuracy: 84.72% +/- 4.77% (micro average: 84.70%)

	true LULUS	true KELUAR	true DROP OUT	class precision
pred. LULUS	185	9	2	95.75%
pred. KELUAR	0	114	14	89.06%
pred. DROP OUT	51	4	164	74.89%
class recall	76.39%	89.76%	91.12%	

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dan dilakukan pemodelan menggunakan framework Rapidminer, dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

- Model untuk memprediksi kelulusan mahasiswa dapat diperoleh.
- Akurasi dalam memprediksi kelulusan diperoleh 84.72% dengan prediksi lulus dan true lulus sebanyak 195 data.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan syukur Alhamdulillah atas segala kemudahan dalam penyusunan penelitian ini. Kami juga mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Quadri and D. Kalyankar, "Drop out feature of student data for academic performance using decision tree techniques," *Global Journal of Computer*, vol. 10, no. 2, pp. 2–5, 2010, [Online]. Available: <http://computerresearch.org/stpr/index.php/gjst/article/viewArticle/128>.
- [2] I. Rahmayuni, "Perbandingan performansi algoritma c4.5 dan cart dalam klasifikasi data nilai mahasiswa prodi teknik komputer politeknik negeri padang," *Teknoif*, vol. 2, no. 1, pp. 40–46, 2014, doi: 10.1016/j.jnc.2008.09.001.

- [3] E. Purwanto, K. Kusriani, and S. Sudarmawan, "Prediksi Kelulusan Tepat Waktu Menggunakan Metode C4.5 DAN K-NN (Studi Kasus : Mahasiswa Program Studi S1 Ilmu Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)," *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 20, no. 2, p. 131, 2019, doi: 10.30595/techno.v20i2.5160.
- [4] L. B. G. Selvia, W. Zarman, and I. Hamidah, "ANALISIS DAN PENERAPAN ALGORITMA C4.5 DALAM DATA MINING UNTUK MEMPREDIKSI MASA STUDI MAHASISWA BERDASARKAN DATA NILAI AKADEMIK," *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, no. November, pp. 211–216, 2014.
- [5] M. Khoirul, "Komparasi pemodelan data menggunakan C4.5 dan C4.5 berbasis particle swarm optimization untuk memprediksi kelulusan mahasiswa," *Journal TA Universitas Dian Nuswantoro Semarang*, vol. 1, no. November 2009, p. 6, 2009.
- [6] D. H. Kamagi and S. Hansun, "Implementasi Data Mining dengan Algoritma C4.5 untuk Memprediksi Tingkat Kelulusan Mahasiswa," *Jurnal ULTIMATICS*, vol. 6, no. 1, pp. 15–20, 2014, doi: 10.31937/ti.v6i1.327.
- [7] R. P. S. Putri and I. Waspada, "Penerapan Algoritma C4.5 pada Aplikasi Prediksi Kelulusan Mahasiswa Prodi Informatika," *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.23917/khif.v4i1.5975.
- [8] S.-W. Lin, K.-C. Ying, S.-C. Chen, and Z.-J. Lee, "Particle swarm optimization for parameter determination and feature selection of support vector machines," *Expert Systems with Applications*, vol. 35, no. 4, pp. 1817–1824, 2008, doi: 10.1016/j.eswa.2007.08.088.
- [9] R. S. Wahono and N. Suryana, "Combining particle swarm optimization based feature selection and bagging technique for software defect prediction," *International Journal of Software Engineering and its Applications*, vol. 7, no. 5, pp. 153–166, 2013, doi: 10.14257/ijseia.2013.7.5.16.
- [10] K. Hastuti, "Analisis komparasi algoritma klasifikasi data mining untuk prediksi mahasiswa non aktif," *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*, vol. Juni, no. Semantik, pp. 241–249, 2012, [Online]. Available: <http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/semantik/article/view/132/87>.
- [11] A. Novyana, B. Martaleli, and K. Hendra, "Penerapan Algoritma ID3 Dan C.45 dalam Hubungan Data Awal Masuk Mahasiswa dengan Prestasi Akademik," vol. 3, p. 10, 2012.
- [12] E. Sabna and M. Muhandi, "Penerapan Data Mining Untuk Memprediksi Prestasi Akademik Mahasiswa Berdasarkan Dosen, Motivasi, Kedisiplinan, Ekonomi, dan Hasil Belajar," *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 2, p. 41, 2016, doi: 10.24014/coreit.v2i2.2392.
- [13] C. R. Kothari, *Research Methodology: Methods & Techniques*. 2004.
- [14] H. Jiawei, M. Kamber, J. Han, M. Kamber, and J. Pei, *Data Mining: Concepts and Techniques*. 2012.