

PREDICTION FOR COOPERATIVE CREDIT ELIGIBILITY USING DATA MINING CLASSIFICATION WITH C4.5 ALGORITHM

Yogiek Indra Kurniawan^{*1}, Annastalia Fatikasari², Muhammad Luthfi Hidayat³, Mohamad Waluyo⁴

¹Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

²Informatika, Fakultas Komunikasi dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

³Computer Information System, King Abdul Aziz University, Saudi Arabia

⁴Doctoral School of Education, University of Szeged, Hungary

Email: ¹yogiek@unsoed.ac.id, ²annastaliaaa@gmail.com, ³mhidayat@stu.kau.edu.sa,
⁴waluyo.mohamad@edu.u-szeged.hu

(Naskah masuk: 6 Januari 2021, diterima untuk diterbitkan: 22 Januari 2021)

Abstract

BMT Artha Mandiri is a cooperative that provides saving and loan services. In providing credit, BMT Artha Mandiri still uses the manual method, namely by looking at the ledger and history of each customer, to find out whether the applicant is worthy or not worthy of credit so that it is not effective and efficient. The purpose of this research is to make an application that can predict whether a prospective customer is eligible or not to be given credit. Predictions are made using the data mining classification method, namely the C4.5 algorithm based on the supporting data each customer has to classify which factors have the most influence on the level of credit payments in the cooperative. In a built application, the C4.5 algorithm produces a decision tree that is easy to interpret based on the existing variables. In the application, some features can be used to make decisions about customers who will apply for credit at the cooperative. The Blackbox test results on the application show that the application has been able to run as expected, while the results of the algorithm test also show that the application has been able to implement the C4.5 algorithm correctly. In addition, the results of testing for accuracy show that the maximum average value of Accuracy is 79.19%.

Keywords: *C4.5, classification, cooperative credit eligibility, data mining, prediction.*

PREDIKSI KELAYAKAN KREDIT KOPERASI MENGGUNAKAN KLASIFIKASI DATA MINING DENGAN ALGORITMA C4.5

Abstrak

BMT Artha Mandiri merupakan salah satu koperasi yang melayani jasa simpan pinjam. Dalam pemberian kredit, BMT Artha Mandiri masih menggunakan cara manual yaitu dengan melihat catatan buku besar dan history setiap nasabah, untuk mengetahui apakah pemohon layak atau tidak layak untuk mendapat kredit sehingga tidak efektif dan efisien. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat sebuah aplikasi yang dapat memprediksi apakah calon nasabah layak atau tidak untuk diberikan kredit. Prediksi yang dilakukan menggunakan metode klasifikasi *data mining*, yaitu algoritma C4.5 berdasarkan data-data penunjang yang dimiliki setiap nasabah untuk mengklasifikasikan faktor manakah yang paling berpengaruh pada tingkat pembayaran kredit di koperasi. Pada aplikasi yang dibangun, algoritma C4.5 menghasilkan pohon keputusan yang mudah diinterpretasikan berdasarkan *variable-variable* yang ada. Pada aplikasi terdapat fitur yang dapat digunakan untuk mengambil keputusan terhadap nasabah yang akan mengajukan kredit di koperasi. Hasil pengujian *blackbox* pada aplikasi menunjukkan bahwa aplikasi telah dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan, sedangkan hasil pengujian algoritma juga menunjukkan bahwa aplikasi telah dapat mengimplementasikan algoritma C4.5 dengan benar. Selain itu, hasil pengujian terhadap akurasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata maksimal dari *Accuracy* mencapai 79,19%.

Kata kunci: *C.45, data mining, kelayakan kredit koperasi, prediksi, klasifikasi.*

1. PENDAHULUAN

Koperasi adalah salah satu organisasi yang melayani jasa simpan dan pinjam. Koperasi diartikan sebagai organisasi dengan konsep sosial dan memiliki

susunan keanggotaan untuk pengembangan ekonomi secara kekeluargaan[1].

Kredit pada koperasi merupakan nilai pendapatan utama pada koperasi, dan juga merupakan sumber resiko terbesar bagi koperasi[2]. Pada

koperasi BMT (Baitul Ma' al wa Tamwil) ARTHA MANDIRI terdapat permasalahan yang kerap muncul yaitu mengenai pemberian kredit kepada nasabah. Permasalahan yang timbul dari adanya pemberian kredit kepada nasabah tersebut adalah banyaknya nasabah yang menunggak dalam pembayaran angsuran karena kurang cermatnya pihak koperasi dalam memberikan kredit untuk para calon nasabahnya. Hal ini mengakibatkan banyaknya nasabah yang menunggak pembayaran karena ketidakcermatan pengelola koperasi untuk menentukan layak maupun tidak layaknya nasabah menerima kredit. Apabila terjadi terus menerus, maka cashflow dari koperasi akan terganggu dan potensi kerugian pada koperasi akan semakin tinggi.

Pemberian kredit pada BMT Artha Mandiri juga masih menggunakan cara manual yaitu dengan melihat catatan buku besar dan *history* nasabah yang ada di koperasi tersebut. Sebelum memberikan kredit kepada nasabah, pihak koperasi harus melakukan survey untuk mengetahui apakah pemohon kredit layak atau tidak layak untuk mendapat kredit sehingga tidak efektif dan efisien. Padahal, jika ditelaah lebih lanjut, ketika memberikan kredit kepada calon nasabah, BMT Artha Mandiri dapat menggunakan pola pada data-data nasabah yang sudah ada sebelumnya untuk mengetahui apakah seorang calon nasabah layak atau tidak untuk diberikan kredit.

Penggunaan data masa lampau untuk menganalisis pola yang terjadi pada masa depan merupakan konsep dari aplikasi prediksi maupun aplikasi rekomendasi[3]. Aplikasi untuk memprediksi suatu kejadian telah banyak diimplementasikan pada banyak kasus dengan menggunakan konsep klasifikasi pada data mining, dengan berbagai macam metode maupun algoritma, seperti algoritma Naïve Bayes[4]–[6], ID3[7], *Rotation Forest*[8], *Neural Network*[9], [10], maupun algoritma yang lain[8], [11], [12].

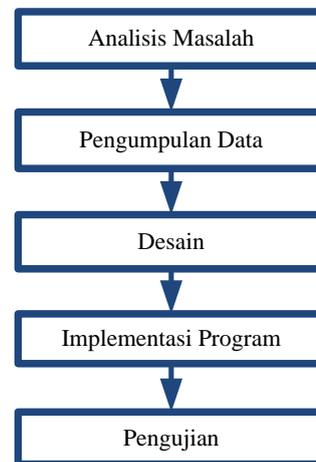
Salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi dengan menggunakan konsep klasifikasi data mining adalah algoritma C4.5[13], [14]. Algoritma C4.5 terbukti memiliki akurasi lebih baik daripada algoritma Naïve Bayes pada prediksi kelancaran pembiayaan[15]. Algoritma C4.5 pun dapat digunakan untuk penentuan kelayakan pengambilan kredit pada sebuah bank[16].

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan konsep klasifikasi data mining menggunakan algoritma C4.5 untuk melakukan prediksi terhadap pengajuan kelayakan kredit pada nasabah koperasi BMT Artha Mandiri dalam bentuk aplikasi prediksi berbasis website. Penelitian ini mengklasifikasikan data menggunakan teknik *decision tree* (pohon keputusan) untuk dapat mengelola data numerik dan diskret, menangani nilai atribut yang hilang, serta menghasilkan aturan-aturan yang mudah diterapkan. Dalam menentukan pohon keputusan dibutuhkan

algoritma sebagai nilai ukuran dalam pemilihan atribut yang berbeda-beda dalam tiap algoritmanya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *waterfall* dengan alur penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.1. Analisis Masalah

Analisis masalah merupakan tahap awal dari penelitian[17]. Analisis masalah dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang muncul seperti dalam proses penentuan pemberian kredit yang dinilai belum optimal. Menanggapi permasalahan tersebut, dibutuhkan suatu aplikasi yang dapat memberikan sebuah prediksi untuk penentuan kelayakan pemberian kredit untuk nasabah pada Koperasi BMT Artha Mandiri.

2.2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan terhadap data yang akan menentukan probabilitas pemberian kredit untuk nasabah. Dalam penelitian ini, dataset Kelayakan Pengajuan Kredit diambil dari data yang dimiliki oleh Koperasi BMT Artha Mandiri yang terdiri dari beberapa variabel. Setiap variabel memiliki kelas masing-masing, dimana setiap kelas memiliki batasan tersendiri.

Data yang didapatkan kemudian dianalisa untuk menentukan *variable* yang digunakan dalam pembuatan aplikasi. Dalam penelitian ini didapatkan *variable* yang dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Data terdiri dari 5 *variable X* yang terdiri dari Gaji, Status Pernikahan, Pinjaman, Jangka Waktu, Agunan dan Kelayakan, untuk menentukan 1 *variable Y*, yaitu kelayakan yang bernilai Layak atau Tidak Layak. Data ini merupakan data yang didapat dari Koperasi BMT Artha Mandiri selama beberapa tahun. Penentuan *variable* penelitian berdasarkan pada data yang terdapat pada koperasi tersebut. Jumlah data yang terkumpul sebanyak 450 data yang nantinya dibagi menjadi 2 tipe, yaitu data training untuk

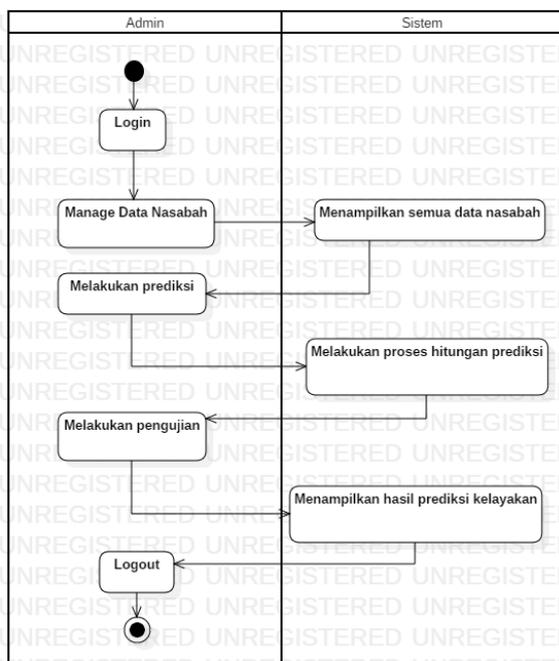
pembuatan pohon keputusan, serta data testing untuk menguji tingkat akurasi dari algoritma C4.5.

Tabel 1. Variable Penelitian

No	Variable	Tipe	Value
1	Gaji (X ₁)	Integer	<1.000.000 = Kecil 1.000.000–5.000.000=Sedang >5.000.000 = Besar
2	Status Pernikahan (X ₂)	Binomial	Belum Menikah Sudah Menikah
3	Pinjaman (X ₃)	Real	1.000.000–4.999.999 = Kecil 5.000.000–10.000.000=Sedang >10.000.000 = Besar
4	Jangka Waktu (X ₄)	Integer	1 – 12 bulan = Jangka Pendek 13 – 24 = Jangka Menengah 25 – 36 = Jangka Panjang
5	Agunan (X ₅)	Binomial	BPKB Motor = BPKB SPM BPKB Mobil = BPKB MBL
6	Kolektibilitas (Y)	Label	Lancar Tidak Lancar

2.3. Desain

Tahap desain digunakan untuk melakukan perancangan terhadap aplikasi yang dibangun. Pada tahap ini dilakukan penggambaran mengenai rancangan dari aplikasi yang dibuat menggunakan algoritma C4.5. Desain pertama yang dilakukan adalah dengan penggambaran *Flowchart* atau alur aplikasi. *Flowchart* dari aplikasi dapat ditunjukkan oleh gambar 2.



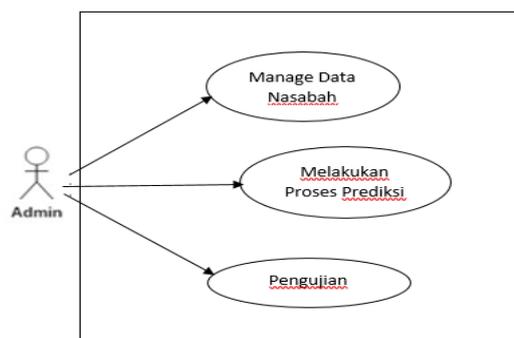
Gambar 2. Flowchart Aplikasi

Perancangan berikutnya yang dibuat adalah *use case diagram* yang dapat ditunjukkan oleh gambar 3.

Terdapat beberapa fungsi yang ditunjukkan oleh *use case diagram* pada gambar 3, antara lain :

1. *Manage* data nasabah. *Manage* data disini yaitu admin dapat melakukan input data nasabah melalui *import excel*, edit data dan hapus data.

2. Melakukan Proses Prediksi. Pada proses prediksi admin dapat melakukan proses perhitungan C4.5 dari data yang ada. Admin juga dapat melihat *rules* yang didapatkan dari proses perhitungan C4.5.
3. Pengujian. Admin dapat melakukan pengujian *rules* yang didapatkan maupun pengujian *accuracy* menggunakan data yang ada, dengan cara *import file excel*.



Gambar 3. Use Case Diagram Aplikasi

2.4. Implementasi Program

Pada tahap ini dibuat aplikasi untuk melakukan prediksi dengan metode klasifikasi data mining menggunakan algoritma C4.5. Aplikasi dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan database *MySQL*.

2.5. Pengujian

Proses pengujian pada sistem yang selesai dibuat bertujuan untuk mengetahui kualitas dari sistem tersebut. Untuk menguji aplikasi yang dibangun, dilakukan 3 pengujian, yaitu:

1. Pengujian *Blackbox*.

Pengujian *blackbox* merupakan metode pengujian perangkat lunak yang menguji fungsionalitas aplikasi tanpa melihat internal *source code*[18]–[20]. Pengujian ini hanya melihat input dan kesesuaian dengan output yang diharapkan. Jika belum sesuai dengan yang diharapkan, maka pengembang aplikasi dapat memperbaiki aplikasi sampai aplikasi tersebut berjalan dengan baik dan benar. Pengujian *blackbox* merupakan salah satu cara untuk mengetahui fungsionalitas aplikasi telah sesuai dengan kebutuhan (*requirement*).

2. Pengujian Algoritma.

Pada pengujian ini dilakukan perhitungan C4.5 secara manual menggunakan data-data yang ada secara acak kemudian dibandingkan hasilnya dengan perhitungan C4.5 menggunakan aplikasi yang dibangun. Jika hasil yang didapat antara perhitungan manual sama dengan perhitungan menggunakan aplikasi, maka aplikasi yang dibuat sudah menerapkan algoritma dengan benar.

3. Pengujian *Accuracy*.

Pengujian untuk mengetahui nilai akurasi digunakan untuk menghitung nilai kepercayaan

terhadap sebuah algoritma[21]. *Accuracy* merupakan nilai persentase yang diperoleh dari total data uji coba yang benar diidentifikasi. Semakin tinggi nilai *accuracy*, maka semakin tinggi tingkat kepercayaan terhadap aplikasi yang dibangun. Rumus *accuracy* dapat ditunjukkan oleh persamaan 1.

$$Accuracy = \frac{Jumlah\ prediksi\ benar}{Jumlah\ Data\ Uji} * 100\% \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kelayakan seorang nasabah terhadap pengajuan kredit pada koperasi dapat ditentukan oleh beberapa variable yang ada dimiliki oleh nasabah. Hal ini didasarkan pada trend data yang dimiliki oleh Koperasi BMT Artha Mandiri sebelumnya. Data tersebut kemudian diolah menggunakan algoritma C4.5 yang menggunakan konsep klasifikasi data mining sehingga didapat prediksi apakah nasabah tersebut layak atau tidak untuk mendapatkan kredit.

Algoritma C4.5 merupakan algoritma yang diperlukan dalam pembuatan pohon keputusan (*Decision Tree*). Secara umum, langkah-langkah yang dilakukan oleh algoritma C4.5 untuk membangun sebuah pohon keputusan adalah sebagai berikut :

- Pilih atribut sebagai akar
- Buat cabang untuk setiap nilai
- Bagi kasus dalam cabang
- Ulangi kasus pada setiap cabang, sampai semua kasus pada cabang memiliki kelas yang sama.

Pada pembangunan cabang, dilakukan perhitungan kelas entropy. Entropy (S) adalah jumlah bit yang diperlukan untuk mengekstrak suatu kelas (+ atau -) dari sejumlah data acak yang ada. Entropy Merupakan kebutuhan bit untuk menyatakan suatu kelas serta digunakan untuk mengukur ketidakkaslian

S. Perhitungan nilai *Entropy* dapat ditunjukkan oleh persamaan 2[22].

$$Entropy(S) = \sum_{j=1}^k - p_j \log_2 p_j \quad (2)$$

Persamaan (2) adalah rumus yang digunakan dalam perhitungan *entropy* untuk menentukan *heterogenity* dari sebuah kumpulan *data sample* (Amin et al, 2015). Berikut keterangannya :

S : Himpunan kasus

k : Jumlah partisi *S*

p_j : Jumlah kasus pada partisi ke-*j*

Hasil perhitungan dari entropy akan diolah untuk menghitung nilai Gain. *Gain* (S, A) adalah perolehan informasi dari atribut A *relative* terhadap output data S. Perolehan informasi yang didapat, dikelompokkan berdasarkan atribut A yang dinotasikan dengan gain (S, A). Untuk memilih atribut sebagai akar, dipilih berdasarkan nilai gain yang tertinggi dari atribut yang ada. Perhitungan nilai Gain dapat ditunjukkan oleh persamaan 3[22].

$$Gain(A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^k \frac{|S_i|}{|S|} \times Entropy(S_i) \quad (3)$$

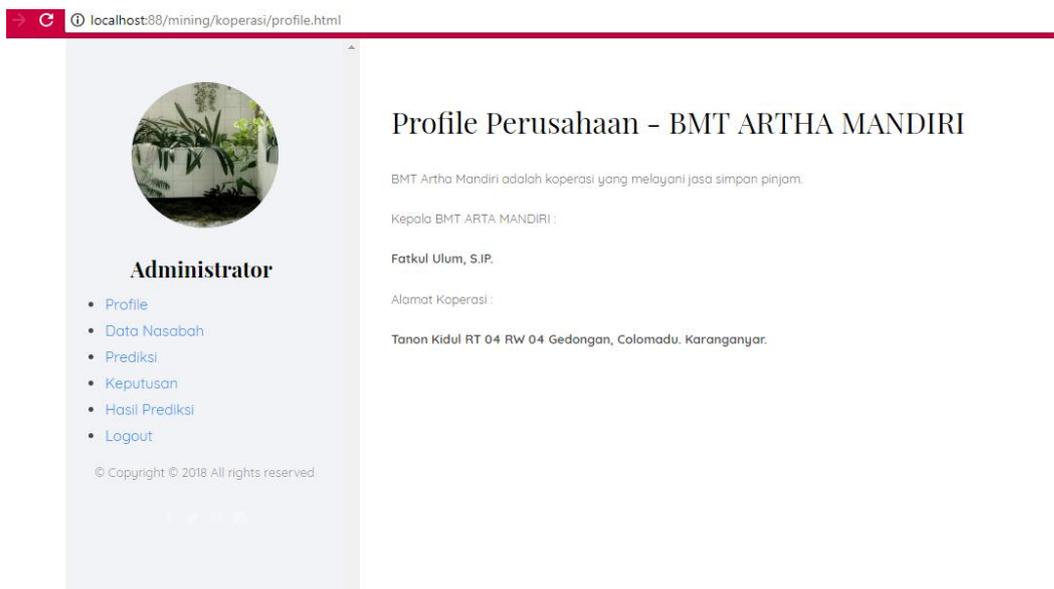
Persamaan (3) adalah rumus yang digunakan dalam perhitungan *gain* setelah melakukan perhitungan *entropy*. Berikut keterangannya :

A : Atribut dari dataset

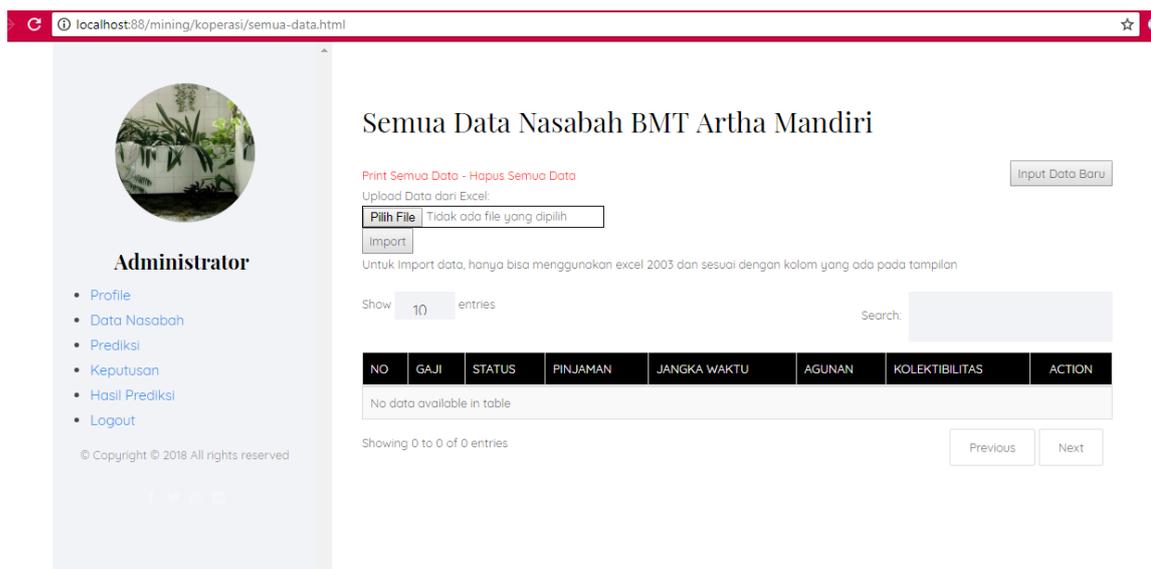
k : Jumlah partisi *S*

S : Himpunan kasus

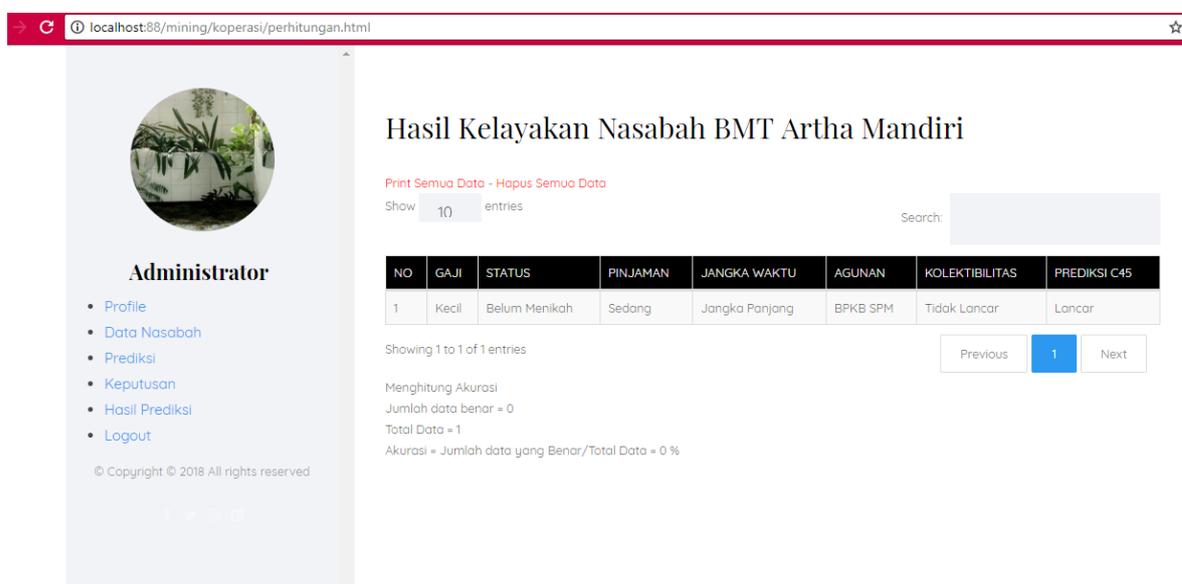
Setelah melakukan perhitungan dengan rumus (2) dan (3), nantinya dapat diperoleh pohon keputusan/*rules* yang terbentuk dari data yang telah dihitung, sehingga ketika sebuah data dimasukkan ke dalam aplikasi, maka aplikasi dapat melakukan prediksi apakah data tersebut layak atau tidak untuk mendapatkan kredit.



Gambar 4. Tampilan Menu Profile



Gambar 5. Tampilan Menu Data Nasabah



Gambar 6. Tampilan Hasil Prediksi

3.1. Implementasi Aplikasi

Pada tahap ini dijelaskan beberapa menu yang ada pada aplikasi yang telah dibuat. Aplikasi dibuat berbasis website dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP serta database MySQL. Pada aplikasi ini hanya terdapat 1 aktor saja yaitu Administrator, yang memiliki fitur sebagai berikut:

1. Profile

Pada menu ini dijelaskan profil perusahaan yaitu BMT Artha Mandiri. Tampilan *profile* dapat dilihat pada Gambar 4. Admin dapat melihat *profile* serta mengganti profil sesuai dengan data koperasi yang ada.

2. Data Nasabah

Pada menu ini terdapat data para nasabah yang telah melakukan kredit di koperasi. Pada menu ini admin dapat melakukan pencarian data nasabah, edit data, memasukkan data nasabah, print dan hapus data.

Tampilan data nasabah dapat dilihat pada Gambar 5. Menu ini digunakan untuk manajemen pengolahan data nasabah sekaligus sebagai data training pada saat pengujian. Untuk mempermudah admin, terdapat fitur untuk memasukkan data nasabah dengan menggunakan file Excel.

3. Prediksi

Pada menu ini, admin dapat melakukan proses perhitungan algoritma C4.5 dari data nasabah yang telah ada.

4. Hasil Prediksi

Menampilkan hasil prediksi kelayakan kredit. Terdapat menu hapus data, admin juga dapat melakukan pencarian data pada search box yang ada. Pada tampilan hasil terdapat hasil akurasi dari perhitungan hasil kelayakan kredit. Tampilan hasil prediksi dapat dilihat pada Gambar 6.

3.2. Pengujian Blackbox

Pada pengujian *blackbox*, dilakukan pengujian fitur yang ada apakah sudah sesuai dengan hasil yang diharapkan atau tidak. Hasil pengujian *blackbox* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Blackbox*

Menu / Fitur	Test Case	Hasil Yang Diharapkan	Hasil
Login	User dan Password Benar	Berhasil Login	Valid
Login	User dan Password Salah	Muncul notifikasi gagal login	Valid
Profile	Klik Profile	Menampilkan Profil Koperasi	Valid
Data Nasabah	Klik Data Nasabah	Menampilkan Data Nasabah	Valid
Data Nasabah	Klik Input Data Baru	Menampilkan halaman untuk menambah data nasabah	Valid
Data Nasabah	Klik Import Data	Menampilkan Modals Import Data Nasabah	Valid
Data Nasabah	Klik Hapus Semua Data	Menghapus Data yang ada	Valid
Data Nasabah	Klik Print Semua Data	Menampilkan halaman untuk melakukan print pada data yang ada	Valid
Prediksi	Klik Prediksi	Melakukan proses prediksi	Valid
Prediksi	Klik Keputusan	Menampilkan halaman pohon keputusan/rule hasil dari proses prediksi	Valid
Prediksi	Klik Hapus Pohon Keputusan	Menghapus pohon keputusan/rule yang ada	Valid
Prediksi	Klik Print Pohon Keputusan	Melakukan print pada pohon keputusan/rule yang sudah terbentuk	Valid
Hasil Prediksi	Klik Hasil Prediksi	Menampilkan halaman hasil prediksi	Valid
Hasil Prediksi	Klik Hapus Semua Data	Menghapus semua data hasil prediksi	Valid
Logout	Klik Logout	Keluar dari aplikasi	Valid

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, semua fitur sudah sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini menunjukkan aplikasi sudah berjalan dengan baik dan benar.

3.3. Pengujian Algoritma

Pengujian algoritma C4.5 ini dilakukan dengan menggunakan 10 data *training*, kemudian membandingkan hasil perhitungan dari perhitungan manual dengan perhitungan dengan menggunakan aplikasi yang telah dibuat. Dari perbandingan yang dilakukan hasil yang diperoleh adalah sama. Hal ini membuktikan bahwa aplikasi yang dibangun telah menerapkan algoritma C4.5 dengan benar.

3.4. Pengujian Accuracy

Dalam pengujian ini dilakukan dengan membagi data *training* dan data *testing* menjadi beberapa bagian secara acak. Hasil pengujian *accuracy* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian *Accuracy*

Data Training	Data Testing	Accuracy
35	175	74,29%
60	175	76%
110	175	83%
135	175	82,67%
160	175	80%
Rata-Rata Accuracy		79,19%

Berdasarkan hasil pengujian terhadap *accuracy*, semakin banyak jumlah data *training* tidak mempengaruhi nilai *accuracy* dikarenakan nilai *accuracy* yang fluktuatif terhadap penambahan jumlah data *training*. Selain itu, didapat hasil bahwa rata-rata nilai *accuracy* untuk semua data uji mencapai 79,19%.

3.5. Diskusi

Aplikasi yang dikembangkan ini merupakan aplikasi prediksi yang khusus dibuat untuk BMT Artha Mandiri, sehingga data dan *variable* yang terdapat di dalamnya pun disesuaikan dengan proses bisnis dari koperasi yang bersangkutan. Pembuatan aplikasi melibatkan pihak koperasi untuk persetujuan, sehingga aplikasi ini dapat digunakan langsung oleh pihak koperasi untuk menentukan nasabahnya layak atau tidak layak mendapatkan kredit.

Implikasi dari aplikasi ini dapat berpengaruh terhadap proses kerja yang lebih efisien dari para pengelola koperasi dikarenakan setiap data sudah tersedia di dalam aplikasi, sehingga pengelola tidak perlu melihat data historis dari para nasabahnya apabila ada nasabah yang hendak mengajukan kredit. Aplikasi ini juga dapat mengotomatisasi proses kelayakan pengajuan kredit dari nasabah, sehingga membuat pekerjaan dari para pengelola menjadi lebih mudah, efektif dan efisien. Dampak yang bisa diberikan oleh adanya aplikasi ini adalah proses pengajuan dan penerimaan kredit yang lebih cepat dari pihak koperasi.

4. KESIMPULAN

Aplikasi prediksi kelayakan pengajuan kredit di koperasi Artha Mandiri telah dibangun untuk mengotomatisasi proses kelayakan kredit dari nasabah menggunakan algoritma C4.5. Aplikasi ini dapat membantu pihak koperasi untuk memberikan hasil prediksi kelayakan kredit pada nasabah yang akan melakukan kredit di masa mendatang. Algoritma C4.5 berhasil digunakan pada aplikasi dan dapat berjalan dengan baik. Hasil pengujian *blackbox* pada aplikasi menunjukkan bahwa aplikasi sudah sesuai seperti yang diinginkan serta semua menu yang ada dapat berjalan dengan baik. Hasil pengujian

accuracy yang didapat menunjukkan bahwa nilai rata – rata pada semua data uji mencapai 79.19%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sitio, *Koperasi: Teori dan Praktek*. Erlangga, 2001.
- [2] S. Sugiyanto, “Analisis Leverage dan Risiko Dalam Kaitannya Dengan Manfaat Ekonomi Anggota (Studi Kasus pada Koperasi Keluarga Besar PT Dirgantara Indonesia Wahana Raharja),” *Accountthink J. Account. Financ.*, vol. 4, no. 2, pp. 774–788, 2019, doi: 10.35706/acc.v4i2.2205.
- [3] Y. I. Kurniawan, E. Soviana, and I. Yuliana, “Merging Pearson Correlation and TAN-ELR algorithm in recommender system,” in *AIP Conference Proceedings*, 2018, vol. 1977, doi: 10.1063/1.5042998.
- [4] N. R. Indraswari and Y. I. Kurniawan, “Aplikasi Prediksi Usia Kelahiran Dengan Metode Naive Bayes,” *J. Simetris*, vol. 9, no. 1, pp. 129–138, 2018, doi: 10.24176/simet.v9i1.1827.
- [5] Y. I. Kurniawan, T. Cahyono, Nofiyati, E. Maryanto, A. Fadli, and N. R. Indraswari, “Preprocessing Using Correlation Based Features Selection on Naive Bayes Classification,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 982 012012*, 2020, pp. 1–8, doi: 10.1088/1757-899X/982/1/012012.
- [6] A. A. Rahman and Y. I. Kurniawan, “Aplikasi Klasifikasi Penerima Kartu Indonesia Sehat Menggunakan Algoritma Naive Bayes Classifier,” *J. Teknol. dan Manaj. Inform.*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [7] A. Fadli, A. Wisnu, W. Nugraha, M. S. Aliim, Y. I. Kurniawan, and W. H. Purnomo, “Simple Correlation Between Weather and COVID-19 Pandemic Using Data Mining Algorithms,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 982 012015*, 2020, pp. 1–10, doi: 10.1088/1757-899X/982/1/012015.
- [8] P. R. Sihombing and A. M. Arsani, “Comparison of Machine Learning Methods in Classifying Poverty in Indonesia in 2018,” *J. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 51–56, 2021, doi: <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2021.2.1.52>.
- [9] N. D. Miranda, L. Novamizanti, and S. Rizal, “Convolutional Neural Network Pada Klasifikasi Sidik Jari Menggunakan Resnet-50,” *J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 61–68, 2020, doi: 10.20884/1.jutif.2020.1.2.18.
- [10] C. Imam, E. W. Hidayat, and N. I. Kurniati, “Classification of Meat Imagery Using Artificial Neural Network Method and Texture Feature Extraction by Gray Level Co-Occurrence Matrix Method,” *J. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.20884/1.jutif.2021.2.1.37.
- [11] B. K. Francis and S. S. Babu, “Predicting Academic Performance of Students Using a Hybrid Data Mining Approach,” *J. Med. Syst.*, vol. 43, no. 6, pp. 1–15, 2019, doi: 10.1007/s10916-019-1295-4.
- [12] N. M. Nawi, M. Makhtar, M. Z. Salikon, and Z. A. Afip, “A comparative analysis of classification techniques on predicting flood risk,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 18, no. 3, pp. 1342–1350, 2020, doi: 10.11591/ijeecs.v18.i3.pp1342-1350.
- [13] D. Febriyanto and Y. I. Kurniawan, “Prediksi Penyakit Tuberculosis (TBC) Menggunakan Algoritma C4.5,” *J. Ilm. SINUS*, vol. 16, no. 2, pp. 23–36, 2018, doi: 10.30646/sinus.v16i2.366.
- [14] Y. I. Kurniawan, “Perbandingan Algoritma Naive Bayes dan C.45 Dalam Klasifikasi Data Mining,” vol. 5, no. 4, pp. 455–463, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.25126/jtiik.201854803>.
- [15] T. Rosandy, “Perbandingan Metode Naive Bayes Classifier dengan Metode Decision Tree (C4.5) Untuk Menganalisa Kelancaran Pembiayaan (Studi Kasus: KSPPS / BMT Al-Fadhila),” *J. TIM Darmajaya*, vol. 02, no. 01, pp. 52–62, 2016.
- [16] N. Iriadi and N. Nuraeni, “Kajian Penerapan Metode Klasifikasi Data Kelayakan Kredit Pada Bank,” *J. Tek. Komput. AMIK BSI*, vol. II, no. 1, pp. 132–137, 2016.
- [17] R. P. Mahardikawati and N. Nurgiyatna, “Sistem Informasi Industri Kecil Menengah Pemerintahan Kabupaten Boyolali,” *J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 53–60, 2020, doi: <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2020.1.2.13>.
- [18] A. Ahmad and Y. I. Kurniawan, “Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Pegawai Terbaik Menggunakan Simple Additive Weighting,” *J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 101–108, 2020, doi: <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2020.1.2.14>.
- [19] Y. I. Kurniawan and T. I. Barokah, “Klasifikasi Penentuan Pengajuan Kartu Kredit Menggunakan K-Nearest Neighbor,” *J. Ilm. Matrik*, vol. 22, no. 1, pp. 73–82, 2020, doi: 10.33557/jurnalmatrik.v22i1.843.
- [20] F. Y. Al Irsyadi, S. Supriyadi, and Y. I. Kurniawan, “Interactive educational animal identification game for primary schoolchildren with intellectual disability,” *Int. J. Adv. Trends Comput. Sci. Eng.*, vol. 8, no. 6, pp. 3058–3064, 2019, doi: 10.30534/ijatcse/2019/64862019.
- [21] Y. I. Kurniawan and P. A. Windiasani, “Sistem Pendukung Keputusan Untuk Penentuan Kelolosan Beasiswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) menggunakan

Metode Fuzzy,” *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 13–17, 2017, doi: 10.15294/jte.v9i1.9322.

- [22] K. M. Sudar and P. Deepalakshmi, “A two level security mechanism to detect a DDoS flooding attack in software-defined networks using entropy-based and C4.5 technique,” *J. High Speed Networks*, vol. 26, no. 1, pp. 55–76, 2020, doi: 10.3233/jhs-200630.