



Komparasi Algoritma Klasifikasi C4.5 Dan C4.5 Berbasis *Particle Swarm Optimization* Untuk Evaluasi Penentuan Kelayakan Pemberian Kredit Koperasi Di PT. Indah Kiat Pulp & Paper TBK.

Eka Yuni Titik Artaningsih¹, Abdullah Muhajir²

^{1,2} Universitas Pamulang
Dosen02616@unpam.ac.id¹

Kata kunci:	Abstrak
Analisa Kredit; Algoritma C4.5; <i>Particle Swarm Optimization</i>	Kredit adalah penyediaan uang atau tagihan yang dapat dipersamakan dengan itu, berdasarkan persetujuan pinjam meminjam antara bank dengan pihak lain yang mewajibkan pihak peminjam melunasi hutangnya setelah jangka waktu tertentu dengan pemberian bunga. Sedangkan koperasi adalah badan usaha yang beranggotakan orang-orang atau badan hukum dengan melandaskan kegiatannya berdasarkan prinsip koperasi sekaligus sebagai penggerak ekonomi rakyat yang berdasarkan asas kekeluargaan. Dalam menganalisa sebuah kredit terkadang seorang analis melakukan analisa tidak akurat, sehingga ada beberapa nasabah yang kurang mampu dalam melakukan pembayaran kredit, sehingga mengakibatkan kredit macet. Banyak penelitian yang menggunakan algoritma C4.5 untuk menentukan kelayakan pemberian kredit tetapi nilai akurasi yang dihasilkan kurang akurat. Dari permasalahan yang ada digunakan sebuah metode klasifikasi sekaligus memprediksi kelayakan pemberian kredit dalam koperasi yaitu dengan dua model, model algoritma C4.5, dan model algoritma C4.5 berbasis Particle Swarm Optimization (PSO). Setelah dilakukan pengujian dengan dua model yaitu Algoritma C4.5 dan Algoritma C4.5 berbasis Particle Swarm Optimization (PSO) maka hasil yang didapat adalah Algoritma C4.5 menghasilkan nilai akurasi sebesar 88% dan nilai AUC sebesar 0,898 dengan tingkat diagnosa Good Classification, namun setelah dilakukan penambahan yaitu Algoritma C4.5 berbasis Particle Swarm Optimization nilai akurasi sebesar 94% dan nilai AUC sebesar 0,955 dengan tingkat diagnosa Excellent Classification. Sehingga kedua metode tersebut memiliki perbedaan tingkat akurasi yaitu sebesar 6% dan perbedaan nilai AUC sebesar 0,057.

Pendahuluan

PT. Indah Kiat pulp and paper tbk. menyediakan koperasi simpan pinjam yang mana menyediakan semua kebutuhan pokok dari mulai bahan makanan, barang dan finansial bagi seluruh karyawan yang menjadi anggota koperasi tersebut. Namun pemasalahan yang kerap terjadi adalah setiap anggota koperasi tidak semuanya dapat mengajukan pinjaman finansial atau pengajuan kredit barang, karena belakangan sering terjadi masalah dalam pembayaran angsuran atau kredit macet.

Dalam permasalahan yang dihadapi Koperasi di Indah Kiat pulp and paper Tbk. dapat diidentifikasi dari banyaknya karyawan yang menjadi anggota koperasi yang mengajukan pinjaman berupa finansial atau barang dalam jumlah banyak sehingga pengeluaran mereka tidak sebanding dengan pendapatan yang mereka peroleh. Dalam hal ini Koperasi Indah Kiat memerlukan analisa terlebih dahulu pada karyawan yang akan mengajukan pinjaman baik berupa finansial maupun barang.

Ruang lingkup pembahasan dalam masalah ini dibatasi pada membandingkan hasil analisis untuk menentukan kelayakan kredit pada koperasi PT. Indah Kiat Pulp & Paper Tbk. dengan menggunakan algoritma C4.5 dan C4.5 berbasis Particle Swarm Optimization (PSO).

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada bahwa penelitian yang menggunakan algoritma kalsifikasi C4.5 untuk persetujuan kredit masih kurang akurat. Sedangkan pertanyaan penelitian ini adalah bagaimanakah algoritma klasifikasi C4.5 berbasis particle swarm optimization meningkatkan nilai akurasi untuk evaluasi penentuan kelayakan pemberian kredit koperasi?.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari algoritma yang lebih baik dengan cara membandingkan algoritma C4.5 dan C4.5 berbasis particle swarms optimization dalam menentukan kelayakan kredit dan meningkatkan keakuratan analisa kredit pada koperasi di PT. Indah Kiat pulp & paper Tbk.

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Hasil penelitian ini dapat digunakan oleh koperasi PT. Indah Kiat untuk melakukan analisa yang lebih baik lagi kepada nasabah atau karyawan yang mengajukan pinjaman, apakah layak atau tidak mendapatkan kredit / pinjaman.
- b. Dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan pemberian kredit pada karyawan PT. Indah Kiat pulp & paper Tbk.
- c. Penelitian ini dapat memberikan sumbangan untuk analisis data mining.

Metode

Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan software data mining *Rapid miner* yang menggunakan data karyawan PT. Indah Kiat pulp and paper Tbk yang menjadi anggota koperasi dengan membandingkan algoritma kalsifikasi C4.5 dan C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimazation*, dalam kedua metode tersebut akan menentukan algortima mana yang terbaik. Penelitian ini dilakukan pada Koperasi di PT. Indah Kiat *pulp & paper Tbk*. Adapun data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Data Primer

Data primer pada penelitian ini diperoleh secara langsung dari sumber data yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan yaitu data karyawan di PT. Indah Kiat yang menjadi anggota koperasi.

2. Data Sekunder

Selain menggunakan data primer, penelitian ini juga menggunakan data sekunder sebagai pelengkap data primier yang diperoleh dari buku, jurnal ilmiah, publikasi, laporan penelitian dan internet yang sejenis untuk menunjang landasan teori. Pada metode ini kegiatan yang dilakukan adalah mempelajari, mencari dan mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan penentuan kelayakan kredit. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan metode klasifikasi algoritma C4.5 dan C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* dengan mengambil atribut-atribut pada data dari Koperasi untuk menentukan kelayakan kredit pada karyawan :

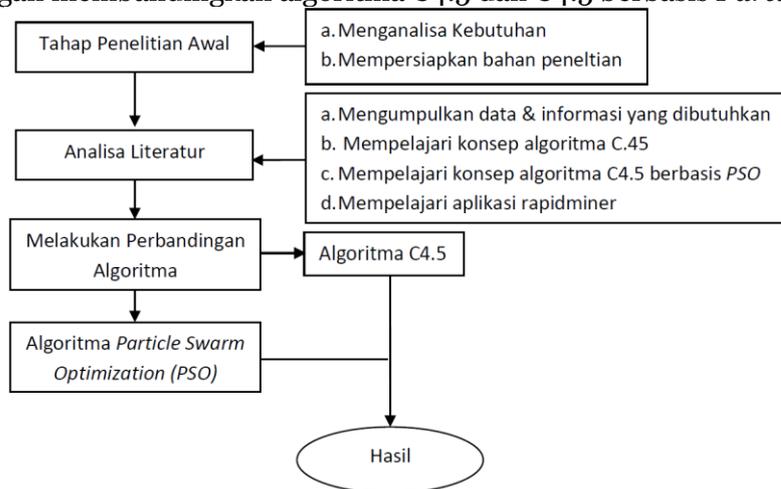
Tabel Kategori Atribute

Atribute	Nilai
NIK_Anggota	-
Jenis_Kelamin	Laki-laki / Perempuan

Masa_Keanggotaan	Lebih dari 12 bulan masa keanggotaan
Jabatan	Operator, Mandor, Staff Officer, Supervisor, Manager
Penilaian_Akhir_Tahun	Penilaian dalam 3 tahun terakhir minimal B
Gaji_Pokok	Operator (3,800,000 jt – 4,000,000 jt) Mandor (4,450,000 jt – 4,950,000 jt) Staff Officer (4,800,000 jt – 5,100,100 jt) Supervisor (6,600,000jt – 7,800,000jt) Manager 10 (10,800,000 jt – 12,500,000 jt)
Jumlah_Pinjaman	Maksimal 60 juta
Jenis_Pinjaman	Jangka panjang, Jangka pendek
Scors Kredit	Sangat Baik, Baik, Cukup
Status Pinjaman	Disetujui / Tidak Disetujui

1. Perancangan Penelitian

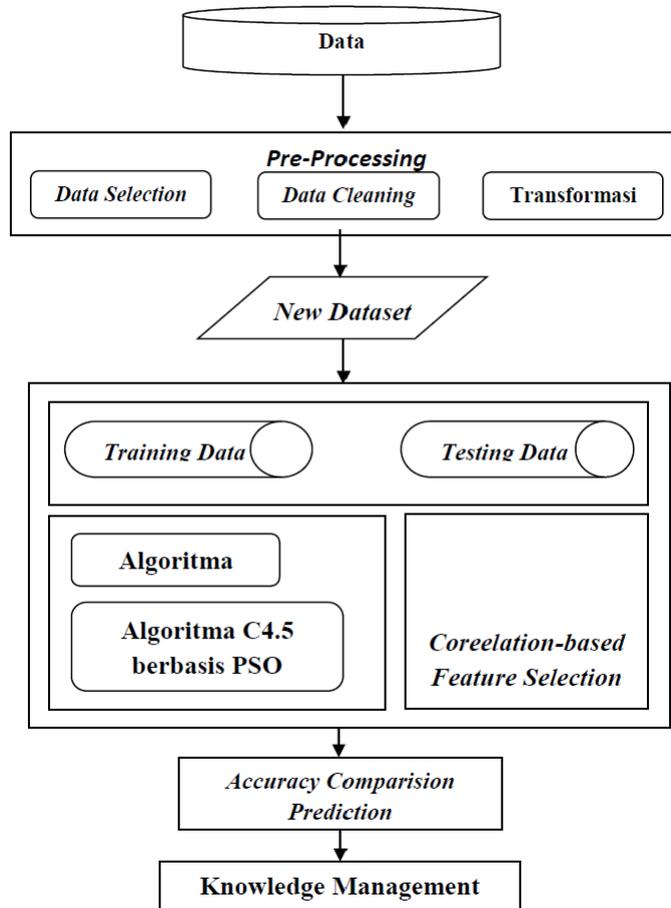
Berikut ini merupakan rancangan penelitian yang akan digunakan pada proses menentukan kelayakan pemberian kredit di Koperasi PT. Indah Kiat *pulp and paper tbk.* dengan membandingkan algoritma C4.5 dan C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization* :



Gambar Perancangan Penelitian

2. Teknik Analisis

Metode analisis data yang digunakan adalah Klasifikasi menggunakan algoritma C4.5 dan algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Di bawah ini merupakan tahapan proses analisis dalam penelitian ini adapun untuk menganalisis data dalam penerapan data mining ini menggunakan tahapan *Knowledge Discovery in Databases (KDD)* yang terdiri dari beberapa tahapan, (Kusrini & Luthfi, Algoritma Data Mining, 2009/14) yaitu:



Gambar Alur Proses Analisis

a. Data Selection

Pada tahap ini penulis mengumpulkan data – data yang diperoleh dari Koperasi PT. Indah Kiat *pulp and paper* tbk. sebagai berikut :

Tabel 3. 2 Tabel Data Koperasi PT. Indah Kiat *Pulp and Paper* tbk.

NO	NIK	JENIS KELAMIN	MASA KEANGGOTAAN	JABATAN	PENILAIAN AKHIR TAHUN (PAT)	GAJI POKOK	JML. PINJAMAN	JENIS KREDIT	SKORS KREDIT	STATUS PINJAMAN
1	6620	L	10	Supervisor	A	7,800,000	12,000,000	Jgk.Pendek	Sangat Baik	Approve
2	20666	P	16	Manager	A	12,500,000	30,000,000	Jgk.Panjang	Sangat Baik	Approve
3	20692	P	16	Staff Off	B	4,800,000	10,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
4	100306	L	12	Staff Off	B	4,800,000	15,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
5	100809	L	15	Staff Off	A	5,100,000	30,000,000	Jgk.Panjang	Baik	Approve
6	100909	L	10	Staff Off	C	4,800,000	20,000,000	Jgk.Pendek	Sangat Baik	NOT
7	101009	L	10	Staff Off	B	4,800,000	20,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
8	101210	P	11	Supervisor	B	6,600,000	11,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
9	101410	L	5	Operator	B	3,800,000	3,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
10	101611	L	6	Staff Off	C	4,800,000	15,000,000	Jgk.Pendek	Cukup	NOT
11	101712	L	4	Operator	B	3,800,000	6,000,000	Jgk.Pendek	Cukup	NOT
12	101813	L	5	Staff Off	B	4,800,000	20,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
13	101913	L	6	Staff Off	B	4,800,000	15,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
14	102114	L	5	Staff Off	C	4,800,000	8,000,000	Jgk.Pendek	Cukup	NOT
15	102214	L	3	Supervisor	B	6,600,000	15,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
16	102315	L	6	Operator	B	3,800,000	15,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
17	102415	P	5	Operator	B	3,800,000	15,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
18	102517	L	4	Staff Off	B	4,800,000	6,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
.....
850	062077	L	4	Operator	C	3,800,000	30,000,000	Jgk.Panjang	Cukup	NOT
851	072081	L	7	Operator	B	3,800,000	20,000,000	Jgk.Pendek	Baik	Approve
852	082092	L	4	Operator	B	3,800,000	25,000,000	Jgk.Panjang	Baik	Approve

b. Pre-processing

Sebelum proses data mining dapat dilaksanakan, perlu dilakukan proses *cleaning* pada data tersebut (tabel 3.1 Kategori *Attribute*). Karena seleksi data relevan yang berarti atribut-atributnya ditentukan oleh output yang ingin dihasilkan.

Tabel Data Sebelum Cleaning

NO	NIK	JENIS KELAMIN	MASA KEANGGOTAAN	JABATAN	PENILAIAN AKHIR TAHUN (PAT)	Gaji Pokok	JUMLAH PINJAMAN	JENIS KREDIT	SKORS KREDIT	STATUS PINJAMAN
1	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA
2	6620	L	10	Supervisor	A	7,800,000	12,000,000	Jangka Pendek	Sangat Baik	APPROVE
3	20666	P	16	Manager	A	12,500,000	30,000,000	Jangka Panjang	Sangat Baik	APPROVE
4	20692	P	16	Staff Officer	B	4,800,000	10,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
5	100306	L	12	Staff Officer	B	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
6	100809	L	15	Staff Officer	A	5,100,000	30,000,000	Jangka Panjang	Baik	APPROVE
7	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA
8	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA
9	100909	L	10	Staff Officer	C	4,800,000	20,000,000	Jangka Pendek	Sangat Baik	NOT APPROVE
10	101009	L	10	Staff Officer	B	4,800,000	20,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
11	101210	P	11	Supervisor	B	6,600,000	11,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
12	101410	L	5	Operator	B	3,800,000	3,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
13	101611	L	6	Staff Officer	C	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Cukup	NOT APPROVE
14	101712	L	4	Operator	B	3,800,000	6,000,000	Jangka Pendek	Cukup	NOT APPROVE
15	101813	L	5	Staff Officer	B	4,800,000	20,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
16	101913	L	6	Staff Officer	B	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
17	102114	L	5	Staff Officer	C	4,800,000	8,000,000	Jangka Pendek	Cukup	NOT APPROVE
18	102214	L	3	Supervisor	B	6,600,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
19	102315	L	6	Operator	B	3,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
20	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA	#/NA
21	102415	P	5	Operator	B	3,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
22	102517	L	4	Staff Officer	B	4,800,000	6,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
23	112099	L	15	Staff Officer	A	5,100,000	25,000,000	Jangka Panjang	Baik	APPROVE
24	122116	L	8	Operator	B	3,800,000	10,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
25	122117	L	6	Staff Officer	B	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
26	122118	L	8	Operator	B	3,800,000	10,000,000	Jangka Pendek	Cukup	APPROVE
27	152127	L	11	Staff Officer	B	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Cukup	APPROVE

Tabel Data Setelah Cleaning

NO	NIK	JENIS KELAMIN	MASA KEANGGOTAAN	JABATAN	PENILAIAN AKHIR TAHUN (PAT)	Gaji Pokok	JUMLAH PINJAMAN	JENIS KREDIT	SKORS KREDIT	STATUS PINJAMAN
1	6620	L	10	Supervisor	A	7,800,000	12,000,000	Jangka Pendek	Sangat Baik	APPROVE
2	20666	P	16	Manager	A	12,500,000	30,000,000	Jangka Panjang	Sangat Baik	APPROVE
3	20692	P	16	Staff Officer	B	4,800,000	10,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
4	100306	L	12	Staff Officer	B	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
5	100809	L	15	Staff Officer	A	5,100,000	30,000,000	Jangka Panjang	Baik	APPROVE
6	100909	L	10	Staff Officer	C	4,800,000	20,000,000	Jangka Pendek	Sangat Baik	NOT APPROVE
7	101009	L	10	Staff Officer	B	4,800,000	20,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
8	101210	P	11	Supervisor	B	6,600,000	11,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
9	101410	L	5	Operator	B	3,800,000	3,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
10	101611	L	6	Staff Officer	C	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Cukup	NOT APPROVE
11	101712	L	4	Operator	B	3,800,000	6,000,000	Jangka Pendek	Cukup	NOT APPROVE
12	101813	L	5	Staff Officer	B	4,800,000	20,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
13	101913	L	6	Staff Officer	B	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
14	102114	L	5	Staff Officer	C	4,800,000	8,000,000	Jangka Pendek	Cukup	NOT APPROVE
15	102214	L	3	Supervisor	B	6,600,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
16	102315	L	6	Operator	B	3,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
17	102415	P	5	Operator	B	3,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
18	102517	L	4	Staff Officer	B	4,800,000	6,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
19	112099	L	15	Staff Officer	A	5,100,000	25,000,000	Jangka Panjang	Baik	APPROVE
20	122116	L	8	Operator	B	3,800,000	10,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
21	122117	L	6	Staff Officer	B	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
22	122118	L	8	Operator	B	3,800,000	10,000,000	Jangka Pendek	Cukup	APPROVE
23	152127	L	11	Staff Officer	B	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Cukup	APPROVE
24	152131	L	9	Operator	A	4,000,000	5,000,000	Jangka Pendek	Baik	APPROVE
25	982021	L	20	Staff Officer	B	5,100,000	30,000,000	Jangka Panjang	Cukup	NOT APPROVE
26	982022	L	18	Staff Officer	C	4,800,000	15,000,000	Jangka Pendek	Sangat Baik	NOT APPROVE
27	982023	L	20	Staff Officer	A	5,100,000	30,000,000	Jangka Panjang	Baik	APPROVE

c. Transformasi

Data yang telah di cleaning di transformasi menjadi data yang siap untuk dimining. Ada beberapa data yang di transformasi dari data asli menjadi data yang diinginkan. Data yang di transformasi dapat di lihat di tabel bawah ini :

Tabel Tabel Masa Keanggotaan

Masa Keanggotaan	Keterangan
≤ 2 tahun	Tidak Disetujui
≥ 2 tahun	Disetujui

Tabel Tabel Penilaian Akhir Tahun (PAT)

Penilaian Akhir Tahun (PAT)	Nilai
A	70-100
B	50-70
C	0-50

Table Tabel Skors Kredit

Skors Kredit	Nilai
Sangat Baik	80-100
Baik	60-80
Cukup	0-60

Karena software yang digunakan untuk data mining yaitu Rapid Miner maka data yang didapat dari koperasi dibagi menjadi dua yaitu, data training dan data testing. Dimana total keseluruhan data adalah 852, untuk data training sebanyak 687 dan data testing sebanyak 165. Jika sudah dibagi maka data siap untuk dilakukan proses selanjutnya.

d. Data Mining

Merupakan tahapan untuk menemukan pola atau informasi dalam sekumpulan data dengan menggunakan teknik dan algoritma tertentu. Pada penelitian ini penerapan data mining menggunakan teknik Kalsifikasi dengan algoritma C4.5 dan Algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* menentukan kelayakan pemberian kredit pada anggota koperasi Indah Kiat *pulp and paper* tbk. Setelah dijelaskan proses penerapan data mining dengan teknik Klasifikasi maka akan dijelaskan proses data mining secara aplikatif dengan menggunakan *software* Rapid Miner yang merupakan data yang telah di transformasi kedalam format Microsoft Excel 2007 (.CSV).

Algoritma C4.5 merupakan salah satu dari *Desicion Tree* menyerupai struktur flowchart, yang masing – masing internal *node*-nya dinyatakan sebagai atribut pengujian, dan setiap *node* daun (*terminal node*) menentukan label *class*. Metode klasifikasi yang melibatkan konstruksi pohon keputusan, koleksi *node* keputusan, terhubung oleh cabang-cabang, memperpanjang bawah dari simpul akar sampai berakhir di *node* daun. Dimulai dari *node root*, yang oleh konvensi ditempatkan dibagian atas dari diagram pohon keputusan, atribut diuji pada node keputusan, dengan setiap hasil yang mungkin menghasilkan cabang. Pohon keputusan adalah model prediksi menggunakan struktur pohon atau struktur berhirarki. Konsep dari pohon keputusan adalah mengubah data menjadi pohon keputusan dan aturan-aturan keputusan.

Tahapan dalam membuat sebuah pohon keputusan dengan algoritma C4.5 (Larose, 2005) yaitu:

1. Mempersiapkan data nasabah, data nasabah biasanya diambil dari data histori yang pernah terjadi sebelumnya atau disebut data masa lalu dan sudah dikelompokkan dalam kelas-kelas tertentu.

2. Menghitung Total *Entropy* sebelum dicari masing-masing *Entropy class*

$$H(T) = -\sum P_j \log_2(P_j) \quad (2.1)$$

Keterangan:

H = Himpunan kasus

T = Atribut

P_j = proporsi dari H_j terhadap H

3. Hitung nilai Gain dengan information gain dengan rata-rata:

$$\text{Gain average} = H(T) - H_{\text{saving}}(T) \quad (2.2)$$

Keterangan:

H(T) = Total *Entropy*

H_{saving}(T) = Total *Gain information* untuk masing-masing Atribut

4. Ulangi langkah ke-2 dan ke-3 hingga semua tupel terpartisi Proses partisi pohon keputusan akan berhenti disaat:

- 1). Semua tupel dalam *node* N mendapatkan kelas yang sama.

- 2). Tidak ada atribut didalam tupel yang dipartisi lagi.

- 3). Tidak ada tupel didalam cabang yang kosong.

- a. Algoritma C4.5 *Particle Swarm Optimization (PSO)*

Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* adalah metode yang menggunakan teknik optimasi stokastik berbasis populasi yang dikembangkan oleh Eberhart dan Kennedy pada tahun 1995, yang terinspirasi oleh perilaku sosial kawanan burung atau ikan (Hu, Shi, & Eberhart, 2004). Modifikasi kecepatan dan posisi tiap partikel dapat dihitung menggunakan kecepatan saat ini dan jarak $pbest_{i,d}$ ke $gbest_d$ seperti ditunjukkan persamaan berikut :

$$v_{i,m} = w \cdot v_{i,m} + c_1 * R * (pbest_{i,m} - x_{i,m}) \quad (2.3)$$

$$x_{id} = x_{i,m} + v_{i,m} \quad (2.4)$$

Dimana :

n : jumlah partikel dalam kelompok

d : dimensi

$v_{i,m}$: kecepatan partikel ke-i pada iterasi ke-i

w : faktor bobot inersia

c_1, c_2 : konstanta akseleserasi (learning rate)

R : bilangan random (0-1)

$x_{i,d}$: posisi saat ini dari partikel ke-i pada iterasi ke-i

$pbest_i$: posisi terbaik sebelumnya dari partikel ke-i

$gbest$: partikel terbaik diantara semua partikel dalam satu kelompok atau populasi

Persamaan (2.3) menghitung kecepatan baru untuk tiap partikel (solusi potensial) berdasarkan pada kecepatan sebelumnya ($v_{i,m}$), lokasi partikel dimana nilai fitness terbaik telah dicapai ($pbest$), dan lokasi populasi global ($gbest$ untuk versi global, $lbest$ untuk versi local) atau *local neighborhood* pada algoritma versi *local* dimana nilai *fitness* terbaik telah dicapai. Persamaan (2.4) memperbaharui posisi tiap partikel pada ruang solusi. Dua bilangan acak c_1 dan c_2 dibangkitkan sendiri.

e. Pengujian

Dalam penelitian ini menggunakan 2 data set yang digunakan yaitu data training dan data testing, dalam pengujian penulis membandingkan nilai *accuracy* yang menjadi dasar dari perbandingan algoritma C4.5 dan C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* dalam penelitian ini seperti gambar berikut ini :

accuracy: 91.84%

	true APPROVE	true NOT APPROVE	class precision
pred. APPROVE	41	2	95.35%
pred. NOT APPROVE	2	4	66.67%
class recall	95.35%	66.67%	

Gambar Gambar Accuracy Algoritma C4.5

Dalam gambar *accuracy* diatas menunjukkan *accuracy* dari algoritma C4.5 sebesar 91,48%, dan gambar tersebut menyatakan :

PerformanceVector

```

PerformanceVector:
accuracy: 91.84%
ConfusionMatrix:
True:  APPROVE NOT APPROVE
APPROVE:      41      2
NOT APPROVE:  2       4
precision: 66.67% (positive class: NOT APPROVE)
ConfusionMatrix:
True:  APPROVE NOT APPROVE
APPROVE:      41      2
NOT APPROVE:  2       4
recall: 66.67% (positive class: NOT APPROVE)
ConfusionMatrix:
True:  APPROVE NOT APPROVE
APPROVE:      41      2
NOT APPROVE:  2       4
AUC (optimistic): 0.969 (positive class: NOT APPROVE)
AUC: 0.901 (positive class: NOT APPROVE)
AUC (pessimistic): 0.833 (positive class: NOT APPROVE)
accuracy: 97.96%
    
```

	true APPROVE	true NOT APPROVE	class precision
pred. APPROVE	43	1	97.73%
pred. NOT APPROVE	0	5	100.00%
class recall	100.00%	83.33%	

Gambar Gambar Accuracy Algoritma C4.5 berbasis PSO

Dalam gambar *accuracy* diatas menunjukkan *accuracy* dari algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* sebesar 100.00%, dan gambar tersebut menyatakan :

PerformanceVector

```

PerformanceVector:
accuracy: 97.96%
ConfusionMatrix:
True:  APPROVE NOT APPROVE
APPROVE:      43      1
NOT APPROVE:  0       5
precision: 100.00% (positive class: NOT APPROVE)
ConfusionMatrix:
True:  APPROVE NOT APPROVE
APPROVE:      43      1
NOT APPROVE:  0       5
recall: 83.33% (positive class: NOT APPROVE)
ConfusionMatrix:
True:  APPROVE NOT APPROVE
APPROVE:      43      1
NOT APPROVE:  0       5
AUC (optimistic): 1.000 (positive class: NOT APPROVE)
AUC: 0.926 (positive class: NOT APPROVE)
AUC (pessimistic): 0.853 (positive class: NOT APPROVE)
    
```

f. Evaluasi

Dari pengujian tersebut data actual yang diperoleh dari Koperasi sebanyak 728 karyawan yang di approve status pinjamannya. Tetapi setelah dilakukan proses melalui Rapid Miner, bahwa seharusnya ada 735 karyawan yang di approve pada status pinjamannya. Dalam tahap evaluasi ini dilakukan validasi dan pengukuran keakuratan hasil yang dicapai oleh model menggunakan beberapa teknik yang terdapat *framework* Rapid Miner yaitu *confusion matrix* sebagai berikut :

Table Confusion Matrix Algoritma C4.5

	True Approve	True Not Approve
Prediksi Approve	41	2
Prediksi Not Approve	2	4

Dari table tersebut dapat dihitung akurasi sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{41+4}{41+2+2+4} * 100\% = 91,84\%$$

Table Confusion Matrix Algoritma berbasis PSO

	True Approve	True Not Approve
Prediksi Approve	43	1
Prediksi Not Approve	0	5

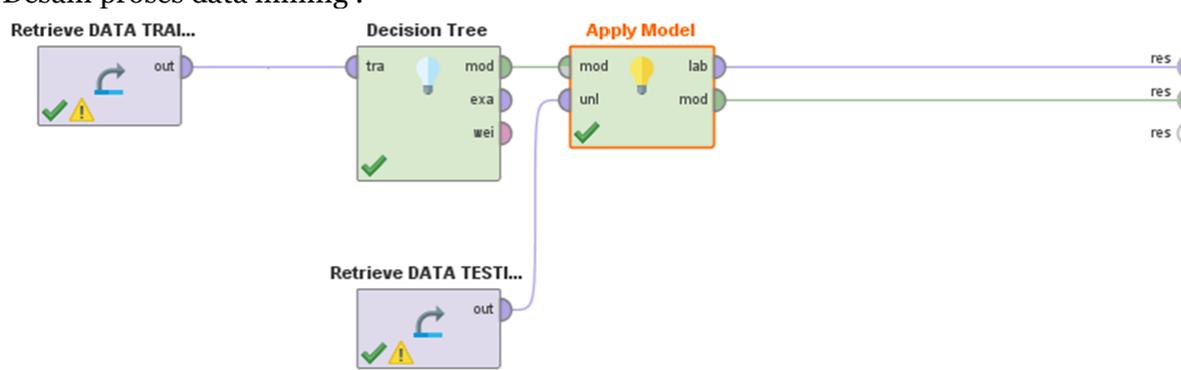
Dari table tersebut dapat dihitung akurasi sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{43+5}{43+1+0+5} * 100\% = 97,96\%$$

Hasil dan Pembahasan

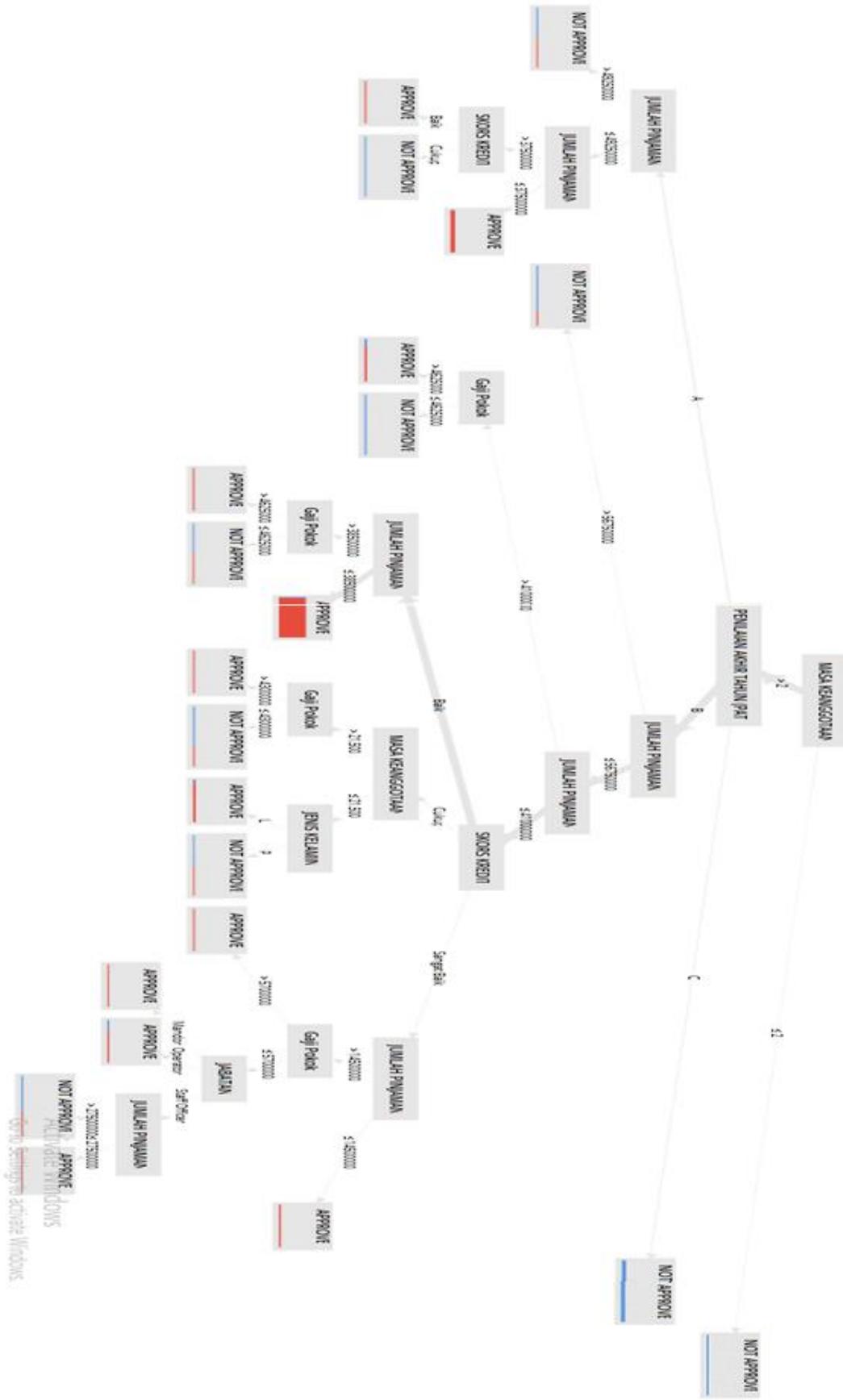
Pada penelitian ini peneliti memakai data dari koperasi PT. Indah Kiat pulp and paper tbk dengan 10 atribut yang digunakan yaitu : NIK, Jenis_Kelamin, Masa_Anggota, Jabatan, Penilaian_Akhir_Tahun (PAT), Gaji_Pokok, Jumlah_Pinjaman, Jenis_Kredit, Skors_Kredit, Status_Pinjaman. Dalam proses ini menggunakan data training sebanyak 687 dan data testing sebanyak 165. Proses ini dilakukan agar data testing mendapatkan label dari data training melalui proses decision tree. Data training yang melewati proses decision tree akan memasuki tools apply model fungsinya untuk merapkan algoritma C4.5 pada datar training tersebut. Dalam Apply Model dimasukkan juga data testing karena dalam applya model akan menerapkan algoritma C4.5 kedalam data testing.

Desain proses data mining :



Dalam proses ini menggunakan data training sebanyak 687 dan data testing sebanyak 165. Proses ini dilakukan agar data testing mendapatkan label dari data training melalui

proses decision tree. Data training yang melewati proses decision tree akan memasuki tools apply model fungsinya untuk merapkan algoritma C4.5 pada data training tersebut. Dalam Apply Model dimasukkan juga data testing karena dalam apply model akan menerapkan algoritma C4.5 kedalam data testing. Lalu saat execute menghasilkan gambar decision tree seperti gambar dibawah ini :



Rule yang tercipta dari gambar 4.2 yang merupakan pohon keputusan dari C4.5 menggunakan data training dan data testing adalah sebagai berikut :

- 1). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = A, Jumlah Pinjaman > Rp 49.250.000 maka NOT APPROVE.
- 2). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = A, Jumlah Pinjaman \leq Rp 49.250.000, Jumlah pinjaman > Rp 37.500.00 dan Skors Kredit = Baik maka APPROVE.
- 3). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = A, Jumlah Pinjaman \leq Rp 49.250.000, Jumlah pinjaman > Rp 37.500.00 dan Skors Kredit = Cukup maka NOT APPROVE.
- 4). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman > Rp 56.750.000, maka NOT APPROVE.
- 5). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman > Rp 41.000.000, Gaji Pokok > Rp 4.625.000, maka APPROVE.
- 6). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman > Rp 41.000.000, Gaji Pokok \leq Rp 4.625.000, maka NOT APPROVE.
- 7). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Baik, Jumlah Pinjaman > Rp 38.500.000, Gaji Pokok > Rp 4.625.000, maka APPROVE.
- 8). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Baik, Jumlah Pinjaman > Rp 38.500.000, Gaji Pokok \leq Rp 4.625.000, maka NOT APPROVE.
- 9). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Baik, Jumlah Pinjaman \leq Rp 38.500.000, maka APPROVE.
- 10). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Cukup, Gaji Pokok > Rp 4.300.000, maka APPROVE.
- 11). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Cukup, Gaji Pokok \leq Rp 4.300.000, maka NOT APPROVE.
- 12). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Cukup, Jenis Kelamin = L, maka APPROVE.
- 13). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Cukup, Jenis Kelamin = P, maka NOT APPROVE.
- 14). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Sangat Baik, Gaji Pokok > Rp 5.700.000, maka APPROVE.
- 15). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Sangat Baik, Gaji Pokok \leq Rp 5.700.000, Jabatan = Mandor / Operator, maka APPROVE.
- 16). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Sangat Baik, Gaji Pokok \leq Rp 5.700.000, Jabatan = Staff Officer, Jumlah Pinjaman > Rp 27.500.000, maka NOT APPROVE.
- 17). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 41.000.000, Skors Kredit = Sangat Baik, Gaji Pokok \leq Rp 5.700.000, Jabatan = Staff Officer, Jumlah Pinjaman \leq Rp 27.500.000, maka APPROVE.
- 18). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = B, Jumlah Pinjaman \leq Rp 14.500.000, maka APPROVE.
- 19). Jika Masa Keanggotaan > 2 tahun dan Penilaian Akhir Tahun (PAT) = C, maka NOT APPROVE.

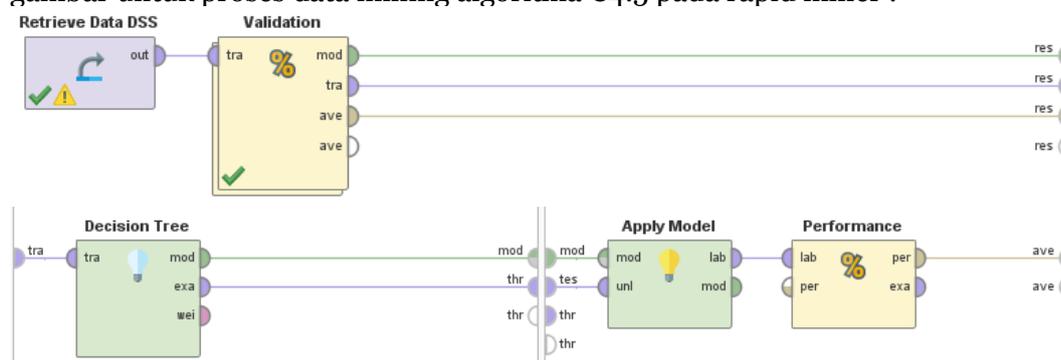
20). Jika Masa Keanggotaan ≤ 2 tahun, maka NOT APPROVE.

Dalam proses data mining algoritma C4.5 untuk mendapatkan nilai accuracy digunakan data dari hasil decision tree sebagai retrieve data. Hasil data mining algoritma ini menghasilkan nilai accuracy.

Table Data Hasil decision tree

Row No.	NIK	Status Pinjaman	Prediction (Status Pinjaman)	Jenis Kelamin	Masa Keanggotaan	Jabatan	Penilaian Akhir Tahun (PAT)	Gaji Pokok	Jumlah Pinjaman	Jenis Kredit	Skors Kredit
1	1103899	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	10000000	Jangka Pendek	Sangat Baik
2	1104195	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	12000000	Jangka Pendek	Baik
3	1104227	?	APPROVE	L	8	Operator	B	3800000	30000000	Jangka Panjang	Baik
4	1104230	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	6000000	Jangka Pendek	Baik
5	1104231	?	NOT APPROVE	L	26	Operator	B	3800000	40000000	Jangka Panjang	Baik
6	1104232	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	10000000	Jangka Pendek	Baik
7	1104233	?	APPROVE	P	7	Operator	B	3800000	15000000	Jangka Pendek	Baik
8	1104354	?	APPROVE	P	8	Staff Officer	A	5100000	35000000	Jangka Panjang	Baik
9	1104654	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	15000000	Jangka Pendek	Baik
10	1104704	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	17000000	Jangka Pendek	Baik
11	1104965	?	NOT APPROVE	L	7	Staff Officer	C	4800000	15000000	Jangka Pendek	Sangat Baik
12	1104966	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	20000000	Jangka Pendek	Baik
13	1105053	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	15000000	Jangka Pendek	Baik
14	1105076	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	8000000	Jangka Pendek	Baik
15	1105077	?	APPROVE	L	8	Operator	B	3800000	30000000	Jangka Panjang	Baik
16	1105450	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	5000000	Jangka Pendek	Baik
17	1105453	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	15000000	Jangka Pendek	Baik
18	1105456	?	APPROVE	L	7	Operator	B	3800000	20000000	Jangka Pendek	Baik
19	1105634	?	APPROVE	P	7	Supervisor	A	7800000	10000000	Jangka Pendek	Cukup
20	1105636	?	APPROVE	L	8	Operator	B	3800000	30000000	Jangka Panjang	Baik
.....
.....
157	1001941	?	APPROVE	L	26	Operator	B	3800000	14000000	Jangka Pendek	Baik
158	1001943	?	APPROVE	L	26	Staff Officer	B	4800000	28500000	Jangka Panjang	Baik
159	1001945	?	APPROVE	L	26	Staff Officer	B	4800000	26500000	Jangka Panjang	Baik
160	1001950	?	APPROVE	L	26	Staff Officer	B	4800000	30000000	Jangka Panjang	Baik
161	1001953	?	APPROVE	L	26	Operator	B	3800000	20000000	Jangka Pendek	Baik
162	1001955	?	APPROVE	L	26	Operator	B	3800000	20000000	Jangka Pendek	Baik
163	1001956	?	APPROVE	L	26	Staff Officer	B	4800000	38900000	Jangka Panjang	Baik
164	1001958	?	APPROVE	L	26	Staff Officer	B	4800000	35000000	Jangka Panjang	Baik
165	1001962	?	APPROVE	L	26	Staff Officer	B	4800000	40000000	Jangka Panjang	Baik

Pada table diolah dalam rapid miner untuk menghasilkan nilai *accuracy*, berikut gambar untuk proses data mining algoritma C4.5 pada rapid miner :



Gambar Alur Proses Data Mining Algoritma C4.5

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa retrieve data hasil decision tree melalui proses validasi terlebih dahulu sebelum memasuki proses decision tree. Setelah melalui proses decision tree data tersebut memasuki tools apply model untuk menerapkan algoritma C4.5. Dalam performance C4.5 akan menampilkan performa dari data training terhadap data testing dan menampilkan nilai accuracy sebagai berikut :

Table Accuracy dari Algoritma C4.5

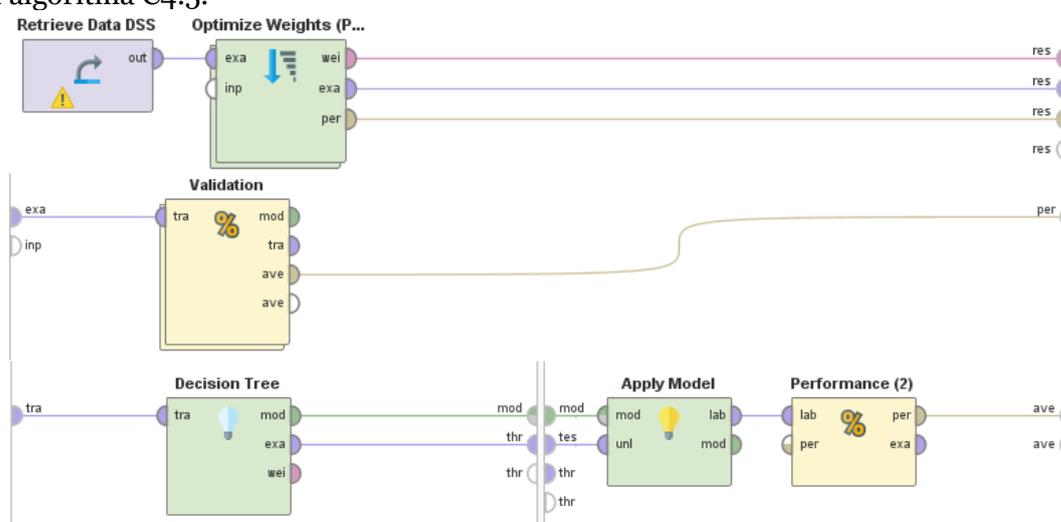
accuracy: 91.84%

	true APPROVE	true NOT APPROVE	class precision
pred. APPROVE	41	2	95.35%
pred. NOT APPROVE	2	4	66.67%
class recall	95.35%	66.67%	

Dalam Tabel diatas menunjukkan bahwa hasil akurasi dari penerapan algoritma C4.5 dalam memprediksi kelayakan pemberian kredit terhadap karyawan yang menjadi anggota koperasi menunjukkan bahwa nilai *accuracy* sebesar 91.84 % dari data *training* dengan data testing yang menggunakan algoritma C4.5 dan nilai *confusion matrik* dalam prediksi kelayakan pembertian kredit yaitu :

- True Prositive* : jumlah data karyawan yang disetujui pinjamannya (Approve) dan diprediksi disetujui (Approve) sebanyak 41 data.
- False Negative* : jumlah data karyawan yang tidak disetujui (Not Approve) dan diprediksi disetujui (Approve) sebanyak 2 data.
- False Positive* : jumlah data karyawan yang disetujui (Approve) dan diprediksi tidak disetujui (Not Approve) sebanyak 2 data.
- True Negative* : jumlah data karyawan yang tidak disetujui (Not Approve) dan diprediksi tidak disetujui (Not Approve) sebanyak 4 data.

Dalam proses data mining algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* masih menggunakan data yang sama dengan algoritma C4.5 yaitu data hasil dari decision tree yang mana menjadi retrieve dalam proses data mining pada rapid miner yang bertujuan untuk mengetahui nilai *accuracy*. Dalam proses ini kita akan mengetahui apakah algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* ini dapat meningkatkan hasil *accuracy* dari algoritma C4.5.



Gambar Alur Proses Data Mining Algoritma C4.5 berbasis PSO

Alur proses pada gambar diatas menggunakan retrieve data yang sama dengan alur proses algoritma C4.5. Hanya saja retrieve data melalui proses Optimize Weight (PSO) sebelum di validasi. Setelah melalui validasi data tersebut memasuki proses decision tree dan apply model yang bertujuan untuk menerapkan algoritma C4.5 dan Optimize Weight PSO. Dalam performance C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* ini akan

menampilkan performa dari data training terhadap data testing dan menampilkan nilai accuracy sebagai berikut :

Table Accuracy dari Algoritma C4.5 berbasis PSO

accuracy: 97.96%

	true APPROVE	true NOT APPROVE	class precision
pred. APPROVE	43	1	97.73%
pred. NOT APPROVE	0	5	100.00%
class recall	100.00%	83.33%	

Dalam Tabel diatas menunjukkan bahwa hasil akurasi dari penerapan algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* dalam memprediksi kelayakan pemberian kredit terhadap karyawan yang menjadi anggota koperasi menunjukkan bahwa nilai *accuracy* sebesar 97.96 % dari data *training* dengan data testing dan nilai *confusion matrik* dalam prediksi kelayakan pembertian kredit yaitu :

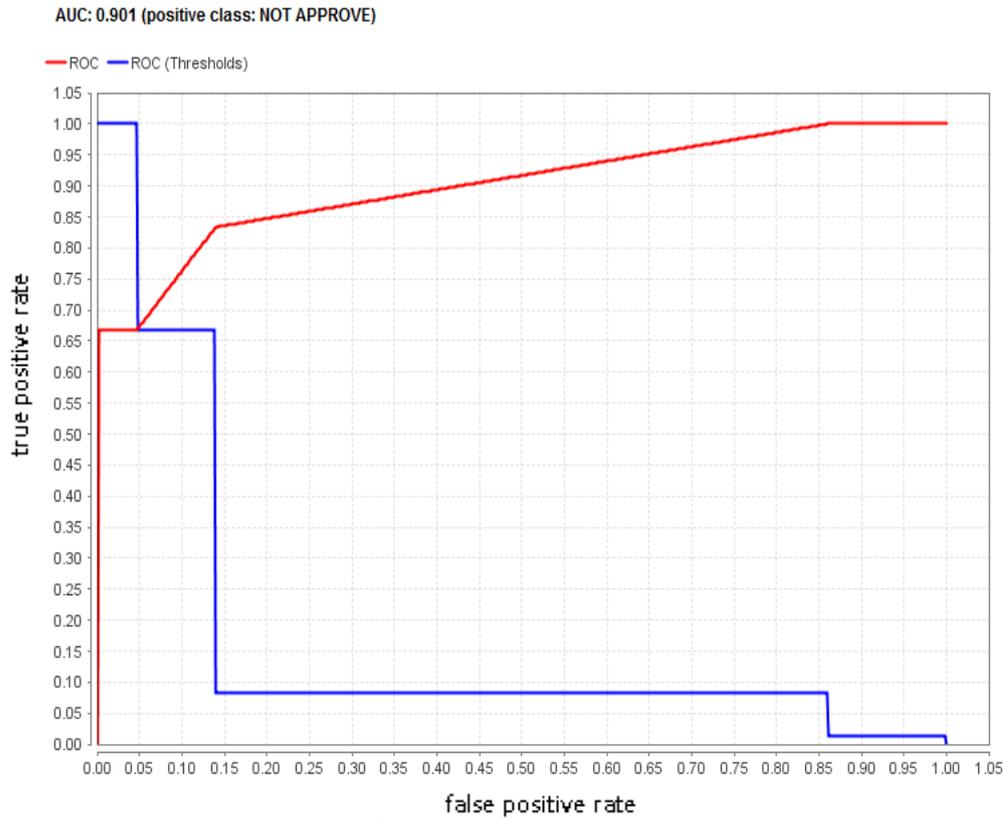
- True Prositive* : jumlah data karyawan yang disetujui pinjamannya (Approve) dan diprediksi disetujui (Approve) sebanyak 43 data.
- False Negative* : jumlah data karyawan yang tidak disetujui (Not Approve) dan diprediksi disetujui (Approve) sebanyak 0 data.
- False Positive* : jumlah data karyawan yang disetujui (Approve) dan diprediksi tidak disetujui (Not Approve) sebanyak 1 data.
- True Negative* : jumlah data karyawan yang tidak disetujui (Not Approve) dan diprediksi tidak disetujui (Not Approve) sebanyak 5 data.

Setelah proses pengujian dilakukan didapatkan hasil akurasi dan grafik AUC. Prose pengujian yang menghasilkan akurasi dan AUC digunakan untuk perbandingan algoritma C4.5 dan algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)*, yang mana yang lebih baik atau hasilnya lebih akurat dari kedua algoritma tersebut. Hasil pengujian perbandingan peneliti dalam table confusion matrix pada algortima C4.5 dan algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* adalah sebagai berikut :

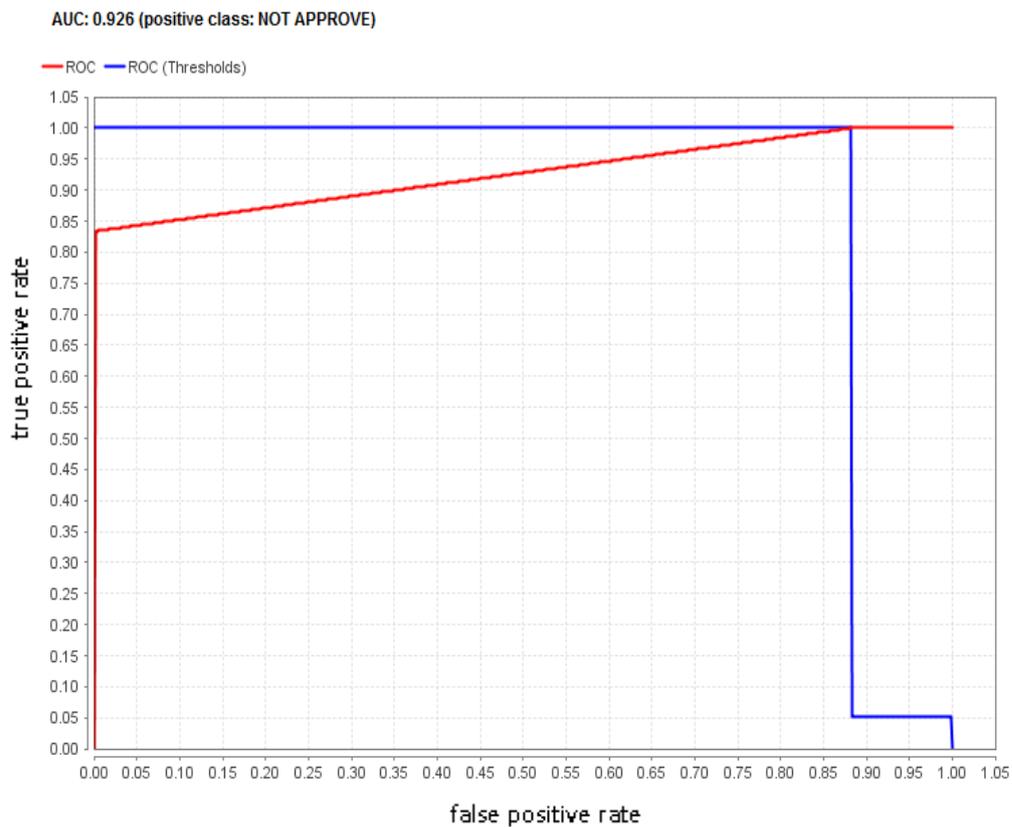
Table Perbandingan Hasil Pengujian

	Algoritma C4.5	Algoritma C4.5 berbasis PSO
Akurasi	91,86%	97,96%

Jika dilihat dari table 4.4 perbandingan hasil akurasi dari algoritma C4.5 dan C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)*, kedua metode dinyatakan baik dalam melakukan klasikasi dalam kasus memberikan kelayakan kredit pada koperasi PT. Indah Kiat pulp & paper tbk. Dalam table 4.4 menunjukkan hasil akurasi pada algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* lebih unggul dengan nilai akurasi sebesar 97,96% sedangkan nilai akurasi dari algoritma C4.5 sebesar 91,86% dalam memberikan kelayakan kredit.



Gambar Hasil AUC Algoritma C4.5



Gambar Hasil AUC Algoritma berbasis PSO

Pada gambar grafik AUC (Area Under Curve) tingkat prediksi kelayakan pemberian kredit sebesar 0.901 yang dinyatakan klasifikasi cukup dari hasil grafik AUC untuk algoritma

C4.5. Nilai AUC algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* pada gambar 4.6, sebesar 0.926 yang menyatakan algoritma klasifikasi C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* termasuk sangat baik. Algoritma 4.5 dan algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* termasuk sebagai klasifikasi namun dalam kasus ini nilai AUC pada algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* lebih baik dari algoritma C4.5, itu artinya algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* lebih baik untuk memprediksi penentuan kelayakan pemberian kredit pada koperasi di PT. Indah Kiat *pulp & paper* Tbk.

Dari hasil evaluasi baik secara confusion matrix, hasil accuracy dan grafik AUC ternyata terbukti bahwa Algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* lebih akurat dibandingkan dengan Algoritma C4.5. Keduanya sama-sama menghasilkan tingkat accuracy yang baik, hanya saja algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* ini dapat membantu tingkat keakuratan dari algoritma C4.5. Dengan demikian penentuan kelayakan pemberian kredit pada koperasi PT. Indah Kiat *pulp & paper* Tbk. sudah sangat baik. Hal ini dibuktikan dengan tingkat keakuratan algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* sebesar 97,96%.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data menggunakan decision tree data mining untuk menentukan kelayakan pemberian kredit pada koperasi di PT. Indah Kiat *pulp & paper* Tbk. dengan algoritma C4.5 dan C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* diperoleh hasil sebagai berikut :

a. Nilai accuracy dari algoritma C4.5 mencapai 91,86% sedangkan nilai accuracy dari algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* mencapai 97,96 dan nilai AUC dari algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* sebesar 0,926 lebih baik dari pada AUC algoritma C4.5 yang hanya sebesar 0,901. Jadi dapat disimpulkan bahwa algoritma C4.5 berbasis *Particle Swarm Optimization (PSO)* ini dapat meningkatkan hasil accuracy dari algoritma C4.5.

b. Dilihat dari hasil decision tree, ada beberapa factor yang dominan dalam penentuan kelayakan pemberian kredit pada koperasi PT. Indah Kiat *pulp & paper* Tbk. yaitu factor masa keanggotaan memiliki gain root terbesar, yang kedua adalah variabel penilaian akhir tahun (PAT), ketiga variabel jumlah pinjaman dan variable ke empat adalah gaji pokok dan jabatan.

c. Informasi yang diperoleh dalam penelitian ini diharapkan dapat membantu pegawai koperasi dalam menentukan kelayakan pemberian kredit kepada karyawan yang akan mengajukan pinjaman, sehingga dapat membantu karyawan-karyawan yang sangat membutuhkan pinjaman.

Daftar Pustaka

Bastos, J. A. (2018). *Credit Scoring with Boosted Decision Trees*. MPRA , hal 1-13.

Eka Pandu Cyntia Edi Ismanto , 2019, "Metode Decision Tree Algoritma C.45 Dalam Mengklasifikasi Data Penjualan Bisnis Gerai Makanan Cepat Saji" , Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika (JURASIK) Vol. 3 , pp 1-13.

Fayyad, Usama, Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). *The Kdd Process for Extracting Useful Knowledge from Volumes of Data*. New York, NY, USA: Commun. ACM 39.

Gorunescu, F. (2018). *Data Mining Concepts, Model and Techniques*. Berlin : Springer.

- Han, j., & Kamber, M. (2019). *Data Mining Concepts & Techniques 2nd Edition*. San Fransisco: Elsevier.
- Haryanto, Susanto. (2020). Segmentasi Dan Klasifikasi Perilaku Pembayaran Pelanggan Pada Perusahaan Penyedia Layanan Multimedia Dengan Algoritma *K-Means* dan *C4.5*. Jakarta : STIMIK ERESHA.
- Jacek, M. Zurada. (2020). *Could Decision trees Improve the Classification Accuracy and Interpretability of Loan Granting Decision?*. Hawaii International Conference
- Jiang, Y. (2019). *Credit Scoring Model Based on Decision Tree and the Simulated Annealing Algorithm*. 2009 World Congress on Computer Science and Information Engineering (hal.18 - 22). Los Angeles: *IEEE Computer Society*.
- Kusrini, & Luthfi, E. T. (2019). *Algoritma Data Mining*. Yogyakarta: Andi.
- Lai, K. K., Yu, L., Zhou, L., & Wang, S. (2020). *Credit Risk Evaluation With Least Square Support Vector Machine*.
- Larose, D. T. (2020). *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining*. John Willey & Sons, Inc.
- Leidiyana, Henny. (2018). Komparasi Algoritma Klasifikasi Data Mining Dalam Penentuan Resiko Kredit Kepemilikan Kendaraan Bermotor. Jakarta: STIMIK Nusa Mandiri.
- Mashlahah, Susi. (2018). Penerapan Kelulusan Mahasiswa Menggunakan Metode *Decision Tree* Dengan Penerapan Algoritma *C4.5*. Universitas Islam Negeri
- Moertini, V. S. (2018). *Towards the Use of C4.5 Algorithm for Classifying Banking Dataset*. *INTEGRAL* , 105-116.
- Mujab, Syaeful. (2018). Pencarian Model Terbaik Antara Algoritma *C4.5* dan *C4.5* berbasis *Particle Swarm Optimization* untuk Prediksi Promosi Deposito. Universitas DianNuswantoro. Semarang.
- Mu'arif, Khoirul. (2019). Komparasi Pemodelan Data Menggunakan *C4.5* dan *C4.5* berbasis *Particle Swarm Optimization* untuk Memprediksi Kelulusan Mahasiswa. Universitas Dian Nuswantoro. Semarang.
- Nurfaizah, Imron, M., & Perdanawati, L. (2021). Algoritma decision Tree-J48, K-Nearest dan Zero-R Pada Kinerja Akademik. *Seminar Nasional Teknologi Informasi*.
- Praja, Mahindra Suryaning dan Erna Zuni Astuti. 2019. Penerapan Data Mining Untuk Rekomendasi Beasiswa Pada SMA N 1 Mlonggo Menggunakan Algoritma *C4.5*, Skripsi, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.
- Rahmatullah, Syaifur. (2020). Komparasi Algoritma *C4.5* dan SVM Berbasis *Particle Swarm Optimization* Dalam Penentuan Kredit. Jakarta: STIMIK

Nusa Mandiri.

Rani, L.N., 2019, "Klasifikasi Nasabah Menggunakan Algoritma C4.5 Sebagai Dasar Pemberian Kredit" *Jurnal Inovtek Polbeng – Seri Informatika* Vol. 1 No. 2 Halaman 126-132, ISSN : 2527-9866,

Rani N, Larissa. (2021). *Klasifikasi Nasabah Menggunakan Algoritma C4.5 Sebagai Dasar Pemberian Kredit*. Padang: UPI YPTK.

Rapid-I. (2020). *Rapid Miner User Manual* . Rapid-I.

Rifqo H, Muhammad & Arzi, Taufik. (2021). *Implementasi Algoritma C4.5 Untuk Menentukan Calon Debitur Dengan Mengukur Tingkat Resiko Kredit pada Bank BRI Cabang Curup*. Universitas Muhammadiyah. Bengkulu.

Rinawati. (2019). *Penerapan Particle Swarm Optimization untuk seleksi atribut pada metode support vector machine untuk penentuan penilaian kredit*.

Rusito & Firmansya T, Meida. (2020). *Implementasi Metode Decision Tree dan Algoritma C4.5 Untuk Klasifikasi Data Nasabah Bank*. STEKOM. Semarang.

Sunjana. (2010). *Klasifikasi Data Nasabah Sebuah Asuransi Menggunakan Algoritma C4.5*.
Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2020 , D-31.,

Syarif, Mulkan. (2015). *Particle Swarm Optimization untuk Menentukan Kredit Kepemilikan Rumah Dengan Menggunakan Algoritma C4.5*. AMIK BSI. Jakarta Barat: Cengkareng.

Turban, E., Aronson, J. E., & Liang, T.-P. (2021). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Yogyakarta: Andi Offset.

Wajhillah, Rusda & Yulianti, Ita. (2019). *Penerapan Algoritma C4.5 untuk Prediksi Penggunaan Jenis Kontrasepsi Berbasis Web*. STIMIK Nusa Mandiri. Sukabumi.

X. Hu, R. Eberhart, and Y. Shi. *Particle swarm with extended memory for multiobjective optimization, IEEE Swarm Intelligence Symposium 2020*, Indianapolis, IN, USA

X. Hu, R. Eberhart, and Y. Shi. *Recent advances in particle swarm, IEEE Congress on Evolutionary Computation 2020*, Portland, Oregon, USA