

Penerapan Algoritma Backpropagation untuk memprediksi pemahaman siswa SMK Brigjend Katamso Jurusan Teknik Komputer dan Jaringan

¹Herbet Simangunsong, ²Jasael Simanullang, ³Rafika Sari Br Sembiring
^{1,2,3}Institut Bisnis Informasi Teknologi dan Bisnis

herbetandus0@gmail.com, jasaelsimanullangg@gmail.com, rafikaitnb@gmail.com

ABSTRAK

Prediksi tingkat pemahaman siswa terhadap mata pelajaran sangatlah penting untuk mengetahui sampai dimana pemahaman siswa terhadap mata pelajaran yang disampaikan oleh pendidik pada saat kegiatan belajar mengajar dan untuk mengetahui kemampuan pendidik dalam menyampaikan mata pelajaran. Artificial Neural Network untuk memprediksi tingkat pemahaman siswa terhadap mata pelajaran menggunakan algoritma pembelajaran backpropagation menggunakan beberapa variabel yaitu : Pengetahuan, ketrampilan/kemampuan, penilaian & beban kerja dan bimbingan & konseling. Algoritma pembelajaran Backpropagation diterapkan untuk melatih delapan variabel tersebut untuk memprediksi tingkat pemahaman mahasiswa terhadap mata pelajaran. Hasil pengujian diperoleh prediksi tingkat pemahaman siswa dengan tingkat akurasi 90 % dengan arsitektur 4-2-1.

Kata Kunci: Prediksi menggunakan Algoritma Backpropagation

PENDAHULUAN

Proses belajar mengajar merupakan salah satu kegiatan dalam sebuah sekolah dalam mencerdaskan kehidupan bangsa. Peran tersebut tidak terlepas dari tenaga pengajar profesional dan pemahaman siswa yang baik. Dalam proses belajar mengajar perlunya hubungan dua arah antara siswa dan tenaga pengajar. Ini dimaksudkan supaya ada kerjasama yang baik selama proses belajar mengajar berlangsung. Analisa yang dilakukan oleh pihak sekolah terhadap proses belajar mengajar sangat perlu dilakukan diakhir semester. Ini bertujuan agar ada penilaian terhadap siswa dan tenaga pengajar profesional. Bagi siswa ini bertujuan menilai tingkat pemahaman dan daya serap terhadap mata pelajaran yang diajarkan dan bagi tenaga pengajar profesional ini bertujuan untuk menilai sejauh mana tenaga pengajar profesional dapat menyalurkan pengetahuannya terhadap mata pelajaran yang diampunya selama 1 (satu) semester. Sehingga pihak sekolah dapat memberikan keputusan yang adil. Dalam memprediksi sampai mana tingkat pemahaman siswa terhadap matapelajaran.

TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas PelaiKecerdasan Buatan (Artificial Intelligence atau AI) didefinisikan sebagai kecerdasan yang ditunjukkan oleh suatu entitas buatan. Sistem seperti ini umumnya dianggap komputer. Kecerdasan diciptakan dan dimasukkan ke dalam suatu mesin (komputer) agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan manusia. Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence atau AI) didefinisikan sebagai kecerdasan yang ditunjukkan oleh suatu entitas buatan. Sistem seperti ini

umumnya dianggap komputer. Kecerdasan diciptakan dan dimasukkan ke dalam suatu mesin (komputer) agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan manusia. AI adalah bidang studi berdasarkan pada premis bahwa pikiran cerdas dapat dianggap sebagai bentuk perhitungan [3]. Soft Computing merupakan inovasi baru dalam membangun sistem cerdas yaitu sistem yang memiliki keahlian seperti manusia pada domain tertentu, mampu beradaptasi dan belajar agar dapat bekerja lebih baik jika terjadi perubahan lingkungan. Soft Computing mengeksploitasinya toleransi terhadap ketidaktepatan, ketidakpastian dan kebenaran parsial untuk dapat diselesaikan dan dikendalikan dengan mudah agar sesuai dengan realita (Zadeh dalam Dahria, 2008).

Metodologi-metodologi yang digunakan dalam soft computing adalah :

1. Sistem Fuzzy (Mengakomodasi ketidaktepatan) Logika Fuzzy (fuzzy logic).
2. Jaringan Saraf Tiruan (Neural Network).
3. Probabilistic Reasoning (Mengakomodasi ketidakpastian).
4. Evolutionary Computing (Optimasi) Algoritma Genetika[4]

METODE PENELITIAN

Algoritma Backpropaganda Algoritma *Backpropagation* untuk melakukan *training* terhadap suatu jaringan terdiri dari tiga tahap, yaitu *feedforward* dari pola *input training*, *backpropagation* dari error yang terkait, dan penyesuaian bobot. Langkah-langkah dalam algoritma *backpropagation* oleh Fausett (1994) adalah sebagai berikut:

Langkah 0: Inisialisasi bobot (set bobot pada nilai random yang kecil).

Langkah 1: Ketika pada kondisi berhenti salah, lakukan langkah 2 – 9.

Langkah 2: Untuk setiap pasangan *training*, lakukan langkah 3 – 8.

Feedforward

Langkah 3: Setiap unit *input* ($X_i, i = 1, \dots, n$) menerima sinyal *input* X_i dan memancarkan sinyal ini kepada semua unit pada lapisan di atasnya (*hidden unit*)

Langkah 4: Setiap *hidden unit* ($Z_j, j = 1, \dots, p$) menjumlahkan bobot sinyal *input*.

$$z_{inj} = v_0j + \sum_{i=1}^n x_{ij}v_{ij}$$

Mengaktifkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal output.

$$z_j = f(z_{inj})$$

Dan mengirim sinyal ke semua unit di lapisan atasnya (output unit).

Langkah 5: Setiap unit *output* ($Y_k, k = 1, \dots, m$) menjumlahkan bobot sinyal *input*.

$$y_{ink} = w_0k + \sum_{j=1}^p z_j w_{jk}$$

dan mengaplikasikan fungsi aktivasinya untuk menghitung sinyal output.

$$y_k = f(y_{ink})$$

Backpropagation

Langkah 6: Setiap unit *output* ($Y_k, k = 1, \dots, m$) menerima pola target sesuai dengan pola *training input*, menghitung informasi *error*.

$$k=(tk-yk)f'(y_ink)$$

Menghitung koreksi bobotnya (digunakan untuk memperbaharui wjk),

$$\Delta wjk=\alpha kzj$$

menghitung koreksi bias (digunakan untuk memperbaharui w0k)

Langkah 7 : Setiap hidden unit ($zj,j=1,\dots,p$) menjumlahkan delta input (dari unit di lapisan atas).

$$\delta_inj=k=1mkwjk$$

Dikalikan dengan turunan dari fungsi aktivasi untuk menghitung informasi error.

$$j=\delta_injf'(z_inj)$$

Menghitung koreksi bobot (digunakan untuk memperbaharui vij)

$$\Delta vij=\alpha jxi$$

Dan menghitung koreksi bias (digunakan untuk memperbaharui v0j)

$$\Delta v0j=\alpha j$$

Update bobot bias

Langkah 8 : Setiap unit output ($yk,k=1,\dots,m$) memperbaharui bias dan bobot ($j=0,\dots,p$)

$$wjkbaru=wjklama+\Delta wjk$$

Setiap hidden unit ($zj,j=1,\dots,p$) memperbaharui bobot dan bias ($i=0,\dots,n$)

$$vijbaru=vijlama+\Delta vij$$

Langkah 9 : Tes Kondisi berhenti

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Validitas

Uji Data siswa selanjutnya akan diolah oleh Jaringan Saraf Tiruan dengan metode *backpropogation*. Agar data dapat dikenali oleh Jaringan Saraf Tiruan, maka data harus direpresentasikan ke dalam bentuk numerik antara 0 sampai dengan 1, baik variabel maupun isinya yang merupakan masukan data siswa pada SMK Santo Paulus Medan sebagai pengenalan pola dan keluaran yang merupakan prediksi pemahaman siswa yang diperoleh dari model arsitektur terbaik pada saat penentuan pola terbaik. Hal ini dikarenakan jaringan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner (logsig) yang rangenya dari 0 sampai 1. Nilai-nilai yang digunakan diperoleh berdasarkan kategori dari masing-masing variabel selain juga untuk memudahkan mengingat dalam pendefinisannya.

4.1.2. Pendefinisian Input

Variabel penentuan tingkat pemahaman siswa merupakan kriteria yang menjadi acuan dalam pengambilan keputusan pada penilaian dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan. Variabel ditentukan dengan cara melihat ketergantungan data terhadap penelitian yang dilakukan. Adapun daftar variabel dalam penentuan pemahaman siswa terhadap mata pelajaran yaitu tertera pada tabel 1 :

Tabel 1 : Daftar Kriteria dalam Pemahaman Siswa terhadap Mata pelajaran

No	Kriteria	Variabel	Rangking Rata-rata	Ket	Berat
1	Pengetahuan	A	5	Sangat setuju	1
			4-4,99	Setuju	0,8
			3-3,99	Sedang	0,6
			2-2,99	Tidak Setuju	0,4
			0-1,99	Sangat tidak setuju	0,2
2	Keterampilan	B	5	Sangat setuju	1
			4-4,99	Setuju	0,8
			3-3,99	Sedang	0,6
			2-2,99	Tidak Setuju	0,4
			0-1,99	Sangat tidak setuju	0,2
3	Penilaian	C	5	Sangat setuju	1
			4-4,99	Setuju	0,8
			3-3,99	Sedang	0,6
			2-2,99	Tidak Setuju	0,4
			0-1,99	Sangat tidak setuju	0,2
4	Bimbingan dan Konseling	D	5	Sangat setuju	1
			4-4,99	Setuju	0,8
			3-3,99	Sedang	0,6
			2-2,99	Tidak Setuju	0,4
			0-1,99	Sangat tidak setuju	0,2

Sumber : Data Olahan

Data input diperoleh dari kuisisioner yang diberikan kepada siswa SMK Brigjend Katamso Medan. Dari kuisisioner tersebut diperoleh informasi tentang data siswa yang sudah mengikuti proses belajar selama semester 1 dan 2 tahun ajaran 2023/2024. Data sampel siswa SMK Brigjend Katamso Medan semester 1 dan 2 tahun pelajaran 2023/2024 yang terdiri dari 40 data dan masing masing data memiliki 4 variabel dan 1 target. Data ini nantinya akan ditransformasikan ke sebuah data antara 0 sampai 1 sebelum dilakukan pelatihan dan pengujian menggunakan Jaringan Saraf Tiruan metode *backpropagation*.

4.1.3 Pendefinisian Target

Adapun data target adalah 1 yaitu siswa memahami mata pelajaran.

4.2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan bantuan Matlab 6.1 aplikasi perangkat lunak. Sampel Data baku 28 siswa akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu data pelatihan dan data pengujian. Data mentah akan dikonversi berubah menjadi tabel kriteria yang telah ditentukan pada Tabel 1. Sedangkan untuk sampel data yang telah diproses dan ditranformasikan adalah sebagai berikut.

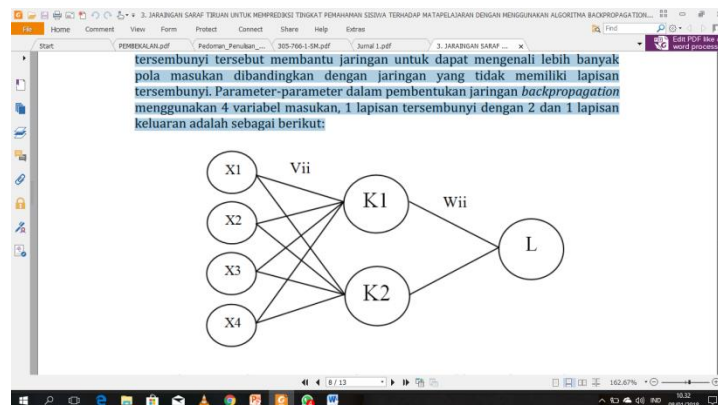
Tabel 2: Sampel dari data yang telah ditransformasikan

No	NIS	Nama	Variabel Input				T
			A	B	C	D	
			X1	X2	X3	X4	X5
1	0117	Boris	0,8	0,6	0,8	0,6	1
2	0118	Brama	0,8	0,8	0,8	0,8	1
3	0119	Budi	0,8	0,4	0,8	0,4	1
4	0120	Cristian	0,8	0,8	0,8	0,8	1

No	NIS	Nama	Variabel Input				T
			A	B	C	D	
5	0121	David	0,6	1	0,6	1	1
6	0122	Desi	0,8	0,8	0,8	0,8	1
7	0123	Diki	0,6	0,8	0,6	0,8	1
8	0124	Doris	0,8	0,8	0,8	0,8	1
9	0125	Erie	0,8	0,6	0,8	0,2	1
10	0126	Evi	0,8	0,8	0,8	0,8	1
11	0127	Evransis	0,6	0,6	0,6	1	1
12	0128	Fitri	0,8	1	0,8	0,8	1
13	0129	Ian	0,6	0,8	0,6	0,8	1
14	0130	Indah	0,8	0,8	0,8	0,8	1
15	0131	Indri	0,8	0,6	0,8	0,6	1
16	0132	Josua	0,8	0,8	0,8	0,8	1
17	0133	Jusni	0,6	1	0,6	1	1
18	0134	Martin	0,8	1	0,8	1	1
19	0135	Matias	0,8	0,6	0,8	0,6	1
20	0136	Melki	0,8	0,8	0,8	0,8	1
21	0137	Meyando	0,6	0,8	0,6	0,8	1
22	0138	Nia	0,8	0,8	0,8	0,8	1
23	0139	Risky	0,6	0,6	0,6	0,6	1
24	0140	Rizky	0,8	0,8	0,8	0,8	1
25	0141	Rodo	0,8	0,6	0,8	0,6	1
26	0142	Tulus	0,8	0,8	0,8	0,8	1
27	0143	Yonatan	1	0,8	1	0,8	1
28	0144	Zoe	0,8	1	1	0,8	1

4.3. Perancangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan yang digunakan untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa terhadap mata pelajaran adalah Jaringan Saraf Tiruan *backpropagation* dengan langkah pembelajaran feedforward. Jaringan ini memiliki beberapa lapisan, yaitu lapisan masukan, lapisan keluaran dan beberapa lapisan tersembunyi. Lapisan tersembunyi tersebut membantu jaringan untuk dapat mengenali lebih banyak pola masukan dibandingkan dengan jaringan yang tidak memiliki lapisan tersembunyi. Parameter-parameter dalam pembentukan jaringan *backpropagation* menggunakan 4 variabel masukan, 1 lapisan tersembunyi dengan 2 dan 1 lapisan keluaran adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Arsitektur Memprediksi Tingkat Pemahaman Siswa Terhadap Mata pelajaran.

4.4. Pendefinisian Output

Hasil yang diharapkan pada tahap ini adalah deteksi pola menentukan nilai terbaik untuk tingkat pemahaman siswa tentang subjek. Hasil pengujian ada adalah sebagai berikut:

a. Untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa tentu saja didasarkan pada kegiatan mengajar. Output dari tingkat pemahaman yaitu apakah siswa memahami terhadap mata pelajaran dengan bobot 1

b. Kategorisasi "memahami"

Kategori untuk "memahami" ditentukan oleh tingkat *error minimum* dari target "memahami" yang 1. Mereka mengkategorikan pada Tabel 4.4. sebagai berikut:

Tabel 3 Tingkat *Error minimum*

No	Keterangan	Error Minimum
1	Sangat memahami	0.0000-0.0010
2	Memahami	0.0011-0.0100
3	Cukup memahami	0.0101-0.1000

3.5. Perancangan arsitektur 4-2-1 dengan Jaringan Saraf Tiruan

Perancangan data dengan Jaringan Saraf Tiruan untuk data pelatihan dan pengujian, maka digunakan 4 variabel input yaitu:

Dalam perhitungan secara manual ini hanya diberikan sampel data input dari data sebagai contoh pembuktian dengan menggunakan 4 variabel input, yaitu:

X_1 =Pengetahuan

X_2 =Keterampilan

X_3 =Penilaian

X_4 =Bimbingan dan Konseling

Berikut tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam pengguna algoritma propagasi balik dengan fungsi aktivasi sigmoid. Tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut: 1. Inisialisasi (*initialization*), merupakan tahap di mana variabel-variabel nilai akan diset atau didefinisikan terlebih dahulu, misalnya seperti: nilai data input, *weight*, nilai *output* yang diharapkan, *learning rate* dan nilai-nilai data lainnya.

1. Aktivasi (*activation*), merupakan proses perhitungan terhadap nilai aktual *output* pada *hidden layer* dan menghitung nilai *actual output* pada *output layer*.
2. *Weight Training*, merupakan proses perhitungan nilai *error gradient* pada *output layer* dan menghitung nilai *error gradient* pada *hidden layer*
3. *Iteration*, merupakan tahap akhir dalam pengujian, dimana jika masih terjadi *error minimum* yang diharapkan belum ditemukan maka kembali pada tahap aktivasi (*activation*).

Dalam pelatihan ataupun pembentukan Jaringan Saraf Tiruan yang perlu dilakukan pertama kali adalah inisialisasi bobot awal. Di mana bobot awal ini akan menghubungkan simpul-simpul pada lapisan input dan juga lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Bobot awal pada algoritma di atas adalah $v = (v_{11}, v_{12}, v_{21}, v_{22}, v_{31}, v_{32}, v_{41}, v_{42})$, sedangkan bobot biasanya dipilih secara acak pada simpul-simpul lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan *output* (w_{11} dan w_{12}) dipilih secara acak. Algoritma pelatihan *backpropagation* dengan menggunakan 4 input layer, 2

layer tersembunyi, 1 *output layer* dengan fungsi aktivasi *sigmoid* biner adalah sebagai berikut :

1. Tahap inisialisasi :

Tuliskan nilai input yang diberikan

$$X1 = 0,8$$

$$X2 = 0,6$$

$$X3 = 0,6$$

$$X4 = 0,8$$

Target = 1 Learning Rate (α)=0,1

Berikan nilai bobot (*V*) dari input ke lapisan tersembunyi dengan nilai acak.

Tabel 4. Nilai Bobot dari *Input* ke *Hidden Layer*

	K1	K2
X1	0,2	-0,3
X2	0,4	0,1
X3	0,3	-0,5
X4	0,5	-0,4

Berikan nilai bobot (*W*) dari lapisan tersembunyi ke *output* dengan nilai acak.

Tabel 5. Nilai Bobot dari *Hidden Layer* ke *Output*

	L
K1	-0,3
K2	-0,2

2. Tahap Aktivasi

a. Hitung keluaran tiap *node* (*node* tersembunyi dan *node output*)

$$K1 = X1 \cdot V_{11} + X2 \cdot V_{21} + X3 \cdot V_{31} + X4 \cdot V_{41}$$

$$K1 = 0,8 \cdot 0,2 + 0,6 \cdot 0,4 + 0,6 \cdot 0,3 + 0,8 \cdot 0,5$$

$$= 0,9800$$

$$= \text{Sigmoid} [0,9800] = 0.2729$$

$$K2 = X1 \cdot V_{12} + X2 \cdot V_{22} + X3 \cdot V_{32} + X4 \cdot V_{42}$$

$$= 0,8 \cdot -0,3 + 0,6 \cdot 0,1 + 0,6 \cdot -0,5$$

$$+ 0,8 \cdot -0,4$$

$$= -0,8000$$

$$= \text{Sigmoid} [-0,8000] =$$

$$0,6900$$

$$L = K1 \cdot W_{11} + K2 \cdot W_{21}$$

$$= 0,2729 \cdot -0,3 + 0,6900 \cdot -0,2$$

$$= -0,2199$$

$$= \text{Sigmoid} [-0,2199] =$$

$$0,5547$$

b. Hitung nilai *error output* dan *hidden layer* Rumus mencari *error output layer* :

$$Err L = L \cdot (\alpha - L) \cdot (T - L)$$

$$= 0,5547 \cdot (0,1 - 0,5547) \cdot$$

$$(1 - 0,5547)$$

$$= -0,1123$$

$$Err K1 = K1 \cdot (\alpha - K1) \cdot (Err L - W_{11})$$

$$= 0,2729 \cdot (0,1 - 0,2729) \cdot (-$$

$$0,1123-(-0.3))$$

$$= -0,3034$$

$$\text{Err K2} = K2. (\alpha - K2). (\text{Err L} - W_{21})$$

$$= 0,6900. (0.1 - 0,6900). ($$

$$-0,1123-(-0.2))$$

$$= -0,0357$$

c. Modifikasi/hitung bobot baru Rumus memodifikasi bobot baru :

$$W_{ij} = W_{ij} + 1. \text{Errj}. O_i$$

$$\Delta W_{11} = W_{11} + \alpha. \text{Err L}. K1$$

$$= -0,3 + 0,1. -0,1123. 0,2729$$

$$= -0,3031$$

$$\Delta W_{21} = W_{21} + \alpha. \text{Err L}. K2$$

$$= -0,2 + 0,1. -0,1123. 0,6900$$

$$= -0,2078$$

$$\Delta V_{11} = V_{11} + \alpha. \text{Err K1}. j_1$$

$$= 0,2 + 0,1. -0,3034. 0,8$$

$$= 0,1993$$

$$\Delta V_{12} = V_{12} + \alpha. \text{Err K2}. j_1$$

$$= -0,3 + 0,1. -0,0357. 0,8$$

$$= -0,3029$$

$$\Delta V_{21} = V_{21} + \alpha. \text{Err K1}. J_2$$

$$= 0,4 + 0,1. -0,3034. 0,6$$

$$= 0,3665$$

$$\Delta V_{22} = V_{22} + \alpha. \text{Err K2}. J_2$$

$$= 0,1 + 0,1. -0,0357. 0,6$$

$$= 0,0979$$

$$\Delta V_{31} = V_{31} + \alpha. \text{Err K1}. J_3$$

$$= 0,3 + 0,1. -0,3034. 0,6$$

$$= 0,2995$$

$$\Delta V_{32} = V_{32} + \alpha. \text{Err K2}. J_3$$

$$= -0,5 + 0,1. -0,0357. 0,6$$

$$= -0,5021$$

$$\Delta V_{41} = V_{41} + \alpha. \text{Err K1}. J_4$$

$$= 0,5 + 0,1. -0,3034. 0,8$$

$$= 0,4993$$

$$\Delta V_{42} = V_{42} + \alpha. \text{Err K2}. J_4$$

$$= -0,4 + 0,1. -0,0357. 0,8$$

$$= -0,4029$$

3.6. Prediksi Tingkat Pemahaman Siswa Terhadap Mata Pelajaran

Tahap terakhir adalah proses prediksi tingkat pemahaman siswa terhadap mata pelajaran. Tahapan ini dilakukan dengan membandingkan nilai *error* minimum dari hasil yang didapat. Dengan model arsitektur 4-5-1, data akan diprediksi untuk melihat seberapa akurat model ini dapat mengenali data.

Adapun data yang akan diprediksi untuk melihat tingkat kebenarannya dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Hasil Prediksi dengan Model 4-2-1

<i>Prediksi Modem 4-2-1</i>					<i>Ket</i>
<i>No</i>	<i>NIS</i>	<i>Nama</i>	<i>Prediksi</i>		<i>Hasil</i>
			<i>Database</i>	<i>JST</i>	
			<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X5</i>
1	0117	Boris	Cukup paham	0,6	benar
2	0118	Brama	Cukup paham	0,8	benar
3	0119	Budi	Cukup paham	0,4	benar
4	0120	Cristian	Cukup paham	0,8	benar
5	0121	David	Cukup paham	1	benar
6	0122	Desi	Cukup paham	0,8	benar
7	0123	Diki	Cukup paham	0,8	benar
8	0124	Doris	Cukup paham	0,8	benar
9	0125	Erie	Cukup paham	0,6	benar
10	0126	Evi	Cukup paham	0,8	salah

Dari hasil prediksi yang diperoleh didapat hasil bahwa JST dapat melakukan prediksi diatas 90 % tingkat akurasi kebenarannya.

KESIMPULAN

Hasil penelitian Prediksi Tingkat Pemahaman Siswa terhadap Mata Pelajaran Menggunakan Algoritma Backpropagation dengan menambahkan banyak hidden layer pada saat pelatihan dan pengujian, bukan merupakan suatu hasil yang maksimal. Untuk model arsitektur yang dirancang menggunakan model 4-2-1 yang memiliki tingkat MSE pelatihan terbesar yaitu 0.0108. Prediksi tingkat pemahaman siswa terhadap mata pelajaran dengan menunjukkan performa diatas 90%

REFERENSI

- Agus Perdana Windarto, "Implementation of Neural Networks in Predicting the Understanding Level of Students Subject," Int. J. Softw. Eng. Its Appl., vol. 10, no. 10, pp. 189–204, 2016.
- Yani, E. Nurul M. Sukarno, "Perancangan Dan Implementasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Untuk Mendiagnosa Penyakit Kulit",2005.
- Maharani D. Wuryandari. Aji Sudarsono, "Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode Bacpropagation (Studi Kasus Di Kota Bengkulu)", Bengkulu,2016
- Simon Haykin, Irma Handayani, ". Peramalan Beban Tenaga Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan", Banten,2012. tinggi.
- Doe, J. (2019). Impact of Vehicle Age on Used Car Values: An Analytical Approach. Automotive Management Review.
- Edmunds. (2021). Data Science in Used Car Market Analysis. <https://www.edmunds.com/about/>.
- G.Kumar, S. K. (2023). Artificial Intelligence-Enabled Regression model for Used Car Price Prediction. 2023 International Conference on Computational Intelligence and Sustainable Engineering Solutions (CISES).
doi:<http://dx.doi.org/10.1109/CISES58720.2023.10183593>
- Ms. P. A. Satarkar, S. B. (2022). Car Price Predictor. International Journal of Advanced Research in Science Communication and Technology. doi:<http://dx.doi.org/10.48175/IJARSCT-4654>
- Smith, A. &. (2020). Using Machine Learning to Predict Car Prices. Journal of Artificial Intelligence Research.