

PENERAPAN DATA MINING UNTUK MEMPREDIKSI JUMLAH SISWA DIKTUKPA (PENDIDIKAN PEMBENTUKAN PERWIRA) TNI AL DENGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DAN ALGORITMA BACKPROPAGATION

Dwi Yuniarti¹, Bambang Gunawan²

Sistem Informasi Bisnis¹, Teknik Informatika²

Magister Manajemen Sistem Informasi¹, Fakultas Teknik Industri²

Universitas Gunadarma¹, Universitas Gunadarma², Email:

d.yuniarti18@gmail.com¹, bambang_gunawan@staff.gunadarma.ac.id²

Received: September 03, 2021 **Revised:** September 20, 2021 . **Accepted:** Oktober 25, 2021.
Issue Period: Vol.5 No.4 (2021), Page 938-954

Abstrak: Jenjang kepangkatan militer di TNI umumnya sama saja, tetapi di beberapa strata di tiap Angkatan memiliki istilah atau sebutan yang berbeda. Umumnya di tiap Angkatan baik itu Angkatan Darat, Laut maupun Udara memiliki 3 (tiga) tingkatan atau strata yaitu Perwira, Bintara dan Tamtama, yang tiap strata masing-masing terdiri dari beberapa jenjang tingkatan kepangkatan yang lebih lengkap. Bagi prajurit yang sudah menempuh hampir seluruh tingkatan di stratanya serta memenuhi persyaratan yang berlaku, prajurit tersebut diberikan kesempatan untuk alih strata ke tingkat strata di atasnya dengan mengikuti Pendidikan Pembentukan Perwira (DIKTUKPA) untuk yang dari Bintara, dan Pendidikan Pembentukan Bintara (DIKTUKBA) untuk yang dari Tamtama. Disdikal merupakan instansi Pendidikan di lingkungan TNI AL yang menyelenggarakan program – program pendidikan militer maupun akademik yang diperuntukkan bagi personel TNI AL. Setiap tahunnya TNI-AL menyediakan kesempatan bagi prajurit yang ingin menempuh Pendidikan Pembentukan Perwira (DIKTUKPA TNI AL). Berdasarkan realita di lapangan seringkali jumlah kuota yang disediakan tidak sesuai dengan banyaknya animo dari prajurit itu sendiri. Sehingga untuk mengantisipasi agar anggaran rencana pendidikan yang sudah ditetapkan sesuai dengan jumlah peserta didik pada saat pendidikan berlangsung, penulis menggunakan *Artificial Neural Network* dengan Algoritma *Backpropagation* dan aplikasi Matlab ini diharapkan dapat memprediksi jumlah siswa DIKTUKPA TNI AL lebih tepat sasaran ke depannya

Kata kunci: *artificial neural network, backpropagation, DIKTUKPA TNI-AL, Matlab*

Abstract: *The ranks of the military ranks in the TNI are generally the same, but in some strata in each force they have different terms or designations. Generally, each Army, Navy and Air Force has 3 (three) levels or strata, namely Officers, Non-commissioned Officers and Enlisted Persons, each of which consists of several levels of rank that are more complete. For soldiers who have gone through almost all levels in their strata and meet the applicable requirements, these soldiers are given the opportunity to transfer strata to the strata level above them by participating in the Formation of Officers Education (DIKTUKPA) for those from the NCO, and the Education Formation of the NCOs (DIKTUKBA) for those from the NCO. Enlisted. Disdikal is an educational institution within the Indonesian Navy that organizes military and academic education programs for Indonesian Navy personnel. Every year the TNI-AL provides opportunities for soldiers who want to take the Education for the Formation of Officers (DIKTUKPA TNI AL). Based on the reality on the ground, often the number of quotas*



provided is not in accordance with the amount of interest from the soldiers themselves. So to anticipate that the education plan budget that has been set in accordance with the number of students at the time of education, the author uses an Artificial Neural Network with the Backpropagation Algorithm which is expected to predict the number of students of the Indonesian Navy DIKTUKPA more on target in the future.

Keywords: *artificial neural network, backpropagation, DIKTUKPA TNI AL; Matlab*

1. PENDAHULUAN

Jenjang kepangkatan pada Tentara Nasional Indonesia merupakan susunan sebutan dan keselarasan jenjang pangkat baik itu TNI Angkatan Darat, TNI Angkatan Laut, TNI Angkatan Udara mulai dari strata tertinggi yaitu Perwira, Bintara dan strata terendah Tamtama. Masing-masing prajurit diberikan pangkat berdasarkan tugas dan tanggung jawab dalam hierarki keprajuritan.

Bagi Prajurit yang jenjang stratanya Bintara dan Tamtama di berikan kesempatan untuk beralih strata ke jenjang strata yang lebih tinggi dari sebelumnya dengan memenuhi persyaratan yang berlaku untuk menempuh sekolah militer yaitu Pendidikan Pembentukan Perwira (DIKTUKPA) untuk yang dari Bintara dan Pendidikan Pembentukan Bintara (DIKTUKBA) untuk yang dari Tamtama di masing-masing Angkatan. TNI Angkatan Laut melalui Dinas Pendidikan TNI AL setiap tahunnya memberikan kesempatan bagi prajuritnya yang berkeinginan untuk menempuh Pendidikan Pembentukan Perwira (DIKTUKPA) TNI AL guna meningkatkan kemampuan militer yang siap didik untuk menjadi Perwira dengan pola pikir, pola sikap dan pola tindak yang mencerminkan perilaku seorang Perwira TNI AL yang bermoral profesional dan berani. Tiap tahunnya kuota siswa DIKTUKPA yang disediakan oleh Disdikal tidak selalu sama, sebab dalam hal penentuan jumlah kuota tiap tahunnya merupakan hasil keputusan kebijakan pejabat yang berwenang.

Berdasarkan realita dilapangan dalam kurun waktu 10 tahun ke belakang, sering terjadi ketidaksesuaian antara jumlah kuota yang disiapkan Disdikal dengan jumlah prajurit yang akan mengikuti pendidikan. Persoalan ini terjadi karena setiap tahun animo prajurit yang ingin mengikuti pendidikan tidak sama, sedangkan jumlah prajurit yang akan diikuti sertakan dalam pendidikan masih tergantung dari kriteria yang telah ditentukan dan hasil seleksi (test). Hal ini menyebabkan anggaran rencana pendidikan yang sudah diajukan/ditetapkan menjadi tidak sesuai. Untuk mengatasi masalah ini dibutuhkan sebuah sistem yang dapat digunakan untuk memprediksi jumlah siswa DIKTUKPA setiap tahun atau periode pendidikan agar perencanaan peningkatan personal TNI AL yang dikelola oleh DISDIKAL dapat berjalan sesuai perencanaan.

Guna memprediksi jumlah siswa DIKTUKPA TNI AL tahun 2022 sehingga perencanaan anggaran DIKTUKPA ke depannya lebih tepat sasaran, penulis menggunakan *Artificial Neural Network* dengan *Backpropagation*. Metode *Neural Network* atau biasa disebut Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologis (JSB). Jaringan Syaraf Tiruan tercipta sebagai suatu generalisasi model matematis dari pemahaman manusia (*human cognition*). JST dapat melakukan komputasi dengan meniru cara kerja otak manusia, memiliki kemampuan belajar dan beradaptasi terhadap kondisi yang tidak beraturan dan mengolah data yang jumlahnya banyak untuk melakukan generalisasi serta mampu melakukan pengenalan kegiatan berbasis data masa lalu atau belajar dari pengalaman. Dalam algoritma jaringan syaraf tiruan dilakukan pelatihan yang berulang-ulang sehingga dapat menghasilkan jaringan yang memberikan tanggapan yang benar terhadap semua masukannya (*input*). Hal ini merupakan kelebihan dari jaringan syaraf tiruan *backpropagation* yang dapat diandalkan.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam mengoptimalkan anggaran kuota rencana Pendidikan Pembentukan Perwira (DIKTUKPA) TNI AL dapat tersalurkan secara maksimal, mengantisipasi tidak terisinya (kosongnya) kuota siswa DIKTUKPA yang sudah disiapkan, dapat memenuhi kekosongan jabatan Perwira di Organisasi baru di lingkungan TNI AL dan dapat mengetahui berapa banyak minat prajurit TNI AL untuk menempuh pendidikan militer program DIKTUKPA tiap tahunnya, kemudian Disdikal dapat mensosialisasikan lagi tentang pentingnya sekolah DIKTUKPA yang dapat menunjang karier yg lebih cemerlang serta dapat alih strata dari Bintara ke Perwira sehingga dapat meningkatkan minat personel TNI AL di strata Bintara.



2. METODE DAN MATERI

2.1. Data Mining

Secara sederhana data mining adalah penambangan atau penemuan informasi baru dengan mencari pola atau aturan tertentu dari sejumlah data yang sangat besar (Davies, 2004). Sedangkan menurut Suyanto (2019), secara umum *data mining* adalah proses penemuan pola-pola baru dari kumpulan-kumpulan data sangat besar, meliputi metode-metode yang merupakan irisan dari *artificial intelligence*, *machine learning*, *statistic*, dan *database system*.

Berikut ini merupakan contoh algoritma data mining untuk melakukan ekstraksi pengetahuan dari suatu data (Setia Pramana, Budi Yuniarto dkk, 2018):

- Estimasi : Linear regression, Neural Network, Support Vector Machines dll
- Prediksi : Linear Regression, Neural Network, Support Vector Machines dll
- Klasifikasi : Naïve Baiyes, K-Nearest Neighbor, C4.5, ID3, CART, Linear Discriminant Analysis dll
- Klastering : Hierarchical, K-Means, K-Medoids, Self Organizing Map (SOM), Fuzzy, C-Means dll
- Asosiasi : FP-Growth, A Priori, Coefficient of Correlation, Chi Squere dll

2.2. Prediksi

Berdasarkan kamus besar bahasa Indonesia, prediksi ialah hasil dari kegiatan memprediksi atau meramal atau memperkirakan nilai pada masa yang akan datang dengan menggunakan data masa lalu. Prediksi atau peramalan mendefinisikan seni dan ilmu memprediksi peristiwa-peristiwa masa depan (Render dan Heizer, 2007). Sementara menurut Herdianto (2013), prediksi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang sesuatu yang paling mungkin terjadi dimasa depan berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki, agar kesalahannya (selisih antara sesuatu yang terjadi dengan hasil perkiraan) dapat diperkecil. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang terjadi.

Prediksi memiliki dua teknik yang dapat digunakan diantaranya sebagai berikut (Herdianto, 2013):

a. Prediksi Kualitatif

Prediksi yang berdasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Metode ini digunakan apabila data masa lalu dari variable yang akan diprediksi tidak lengkap atau kurang dapat dipercaya. Metode kualitatif ini disebut juga *judgemental*, *subjective*, *intuitive*, karena hasil prediksi tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang bersifat *judgement* atau opini, pengetahuan dan pengalaman dari penyusunnya..

b. Prediksi Kuantitatif

Prediksi yang berdasarkan atas pemahaman mendalam dari banyaknya data di masa lalu. Dalam membuat suatu prediksi sangat bergantung pada metode yang dipergunakan dalam prediksi tersebut. Metode ini hanya dapat digunakan jika beberapa kondisi ini dapat terpenuhi, diantaranya yaitu:

1. Terdapat informasi tentang keadaan yang lain.
2. Informasi tersebut dapat dikuantifikasikan dalam bentuk data.
3. Kemungkinan bahwa pola yang lalu akan berlanjut di masa yang akan datang.

Ukuran Akurasi hasil prediksi merupakan ukuran tentang tingkat perbedaan atau kesalahan hasil peramalan dengan permintaan yang sebenarnya terjadi. Cara untuk mengevaluasi Teknik peramalan menurut Render dan Heizer (2004) ada 3 yaitu:

1. Mean Absolute Deviation (MAD): mengukur kesalahan peramalan keseluruhan untuk sebuah model.

$$MAD = \sum \left| \frac{A_t - F_t}{n} \right| \quad (1)$$

2. Mean Square Error (MSE): cara untuk mengukur kesalahan peramalan keseluruhan.

$$MSE = \sum \frac{(A_t - F_t)^2}{n} \quad (2)$$

3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE): rata-rata diferensiasi absolut antara nilai peramalan dan aktual, yang dinyatakan sebagai presentase nilai aktual.

$$MAPE = \left(\frac{100}{n} \right) \sum \left| A_t - \frac{F_t}{A_t} \right| \quad (3)$$



Keterangan:

A_t = Permintaan actual pada periode t

F_t = Peramalan permintaan pada periode t

n = Jumlah periode peramalan yang terlibat

2.3. Artificial Neural Network

Menurut Arif Hermawan (2006), jaringan syaraf tiruan adalah suatu system pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf manusia. Sementara menurut Hermantoro (2011), jaringan syaraf tiruan merupakan suatu struktur komputasi yang dikembangkan berdasarkan proses jaringan syaraf biologi dalam otak. Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa jaringan syaraf tiruan merupakan pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik yang menyerupai jaringan syaraf manusia.

Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan secara umum memiliki beberapa lapisan, yang masing-masing lapisan mempunyai jumlah node atau neuron yang berbeda-beda, diantaranya sebagai berikut:

1) Lapisan masukan (*input layer*)

Merupakan lapisan yang terdiri dari beberapa neuron yang akan menerima sinyal dari luar dan kemudian meneruskan ke neuron-neuron lain dalam jaringan.

2) Lapisan Tersembunyi (*hidden layer*)

Merupakan tiruan dari sel-sel syaraf konektor pada jaringan syaraf biologis. Lapisan ini berfungsi untuk meningkatkan kemampuan jaringan dalam memecahkan masalah.

3) Lapisan Keluaran (*output layer*)

Merupakan tiruan sel-sel syaraf motor pada jaringan syaraf biologis. Lapisan ini berfungsi untuk menyalurkan sinyal-sinyal keluaran hasil pemrosesan jaringan.

Dalam Jaringan syaraf tiruan, fungsi aktivasi berguna untuk menentukan keluaran suatu neuron. Argumen fungsi aktivasi adalah net masukan (kombinasi linier masukan dan bobotnya). Ada beberapa fungsi aktivasi yang digunakan dalam JST (Fausset, 1994) diantaranya yaitu fungsi linear, fungsi tangga biner, fungsi sigmoid biner dan fungsi sigmoid bipolar. Pada penelitian ini yang digunakan ialah fungsi sigmoid biner dengan persamaan fungsi sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\sigma x}} \quad (4)$$

2.4. Backpropagation

Jong Jek Siang (2009), *backpropagation* merupakan pelatihan jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang dipakai selama pelatihan. Sementara menurut Muhammad Arhami (2020) *Backpropagation* (propagasi balik) merupakan metode pembelajaran lanjut yang dikembangkan dari aturan perceptron. Hal yang ditiru dari perceptron adalah tahapan dalam algoritma jaringan.

2.5. Matlab

Matlab merupakan komputasi numerik dan bahasa pemrograman tingkat tinggi generasi keempat yang dikembangkan *Math Work Inc.* Menurut Vivian Siahaan (2020), Matlab mengintegrasikan komputasi matematik, visualisasi dan bahasa pemrograman untuk memberikan lingkungan fleksibel bagi komputasi teknis. Dikenal karena perhitungan vector dan matriks dengan kecepatan tinggi, Matlab umumnya digunakan untuk komputasi numerik dan pengembangan algoritma, komputasi simbolik, pemodelan, simulasi ,penciptaan *prototipe*, analisis data, pemrosesan sinyal dan lain-lain.

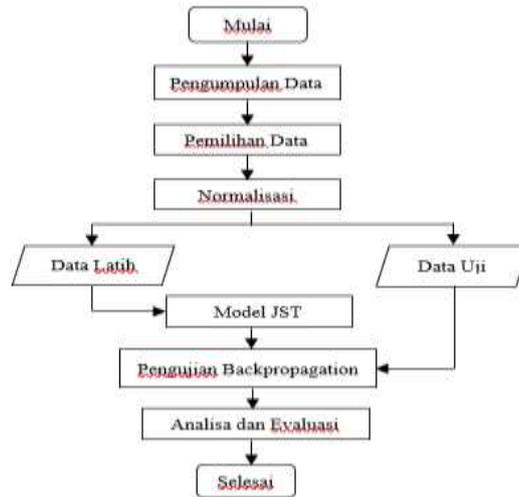
2.6. Metode Penelitian

Dalam pelaksanaannya, obyek penelitian ini terfokus pada jumlah peserta didik program DIKTUKPA TNI AL. Pada penelitian ini jenis data yang digunakan merupakan data kuantitatif. Data kuantitatif merupakan data berupa angka. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *seat* atau kuota Dik (pendidikan) yang telah direncanakan di tahun sebelumnya dan jumlah peserta Dik yang diterima di tahun anggaran tersebut. Berikut merupakan tahapan-tahapan pada penelitian ini:



DOI: 10.52362/jisamar.v5i4.574

Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Gambar 2.1 Tahapan pada penelitian

Pada gambar diatas merupakan alur aktivitas yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Pengumpulan data
Data yang digunakan merupakan data yang sudah diberikan oleh Disdikal berupa Data Rekapitulasi Program Diktukpa TNI AL rentang tahun 2012-2020.
- 2) Pemilihan Data
Pemilihan data rekapitulasi program Diktukpa TNI AL diantaranya *seat* seleksi, *seat* dik, *animo*, peserta Dik. Setelah proses pemilihan data, data percobaan akan dimasukkan pada model Jaringan Syaraf Tiruan yang akan dibagi menjadi dua bagian yaitu Sebagian data latih dan Sebagian data uji. Kemudian semua data latih dan data uji akan dilakukan normalisasi dengan rentang 0 hingga 1. Setelah proses normalisasi tersebut maka data akan dilatih dengan menggunakan algoritma *backpropagation* untuk mendapatkan arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan. Dilanjutkan dengan data pengujian yang akan disimulasikan pada arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan yang sudah memiliki bobot agar mendapatkan nilai prediksi.
- 3) Model Jaringan Syaraf Tiruan
Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan model jaringan syaraf tiruan guna memberikan kemampuan jaringan dalam mengenali pola. Model jaringan syaraf tiruan dibentuk setelah data latih dan data uji didapatkan. Adapun model Jaringan Syaraf Tiruan yang digunakan adalah *backpropagation*.
- 4) Analisa dan evaluasi
Pada tahap ini akan dilakukan analisa serta evaluasi terhadap hasil yang dilakukan dengan menggunakan model *backpropagation*. Hasil dari pengujian adalah tingkat keakuratan dari pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *backpropagation*. Akurasi terbaik diambil berdasarkan nilai MSE yang terkecil atau mendekati nilai 0.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan algoritma *backpropagation* atau dikenal juga dengan istilah algoritma perambatan mundur. Algoritma ini merupakan salah satu metode yang digunakan dalam memecahkan masalah mengenai jaringan syaraf tiruan (JST). Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran atau pelatihan yang digunakan untuk memperkecil nilai *error* melalui penyesuaian bobot berdasarkan perbedaan output dan target yang diinginkan.

3. PEMBAHASAN DAN HASIL

3.1. Analisa Data



DOI: 10.52362/jisamar.v5i4.574

Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Pada penelitian ini, data yang akan dianalisis yaitu prediksi jumlah siswa DIKTUKPA TNI AL yang diterima tiap tahunnya. Dengan menggunakan data hasil rekapitulasi seleksi DIKTUKPA selama 10 tahun (2012-2021) terakhir dalam melakukan prediksi dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Berikut merupakan tabel data rekapitulasi jumlah peserta didik program DIKTUKPA TNI AL, sebagai berikut:

Tabel 3.1 Rekapitulasi Seleksi Program DIKTUKPA TNI AL

NO.	TAHUN	RENDIK (Rencana Pendidikan)		ANIMO	PESERTA DIK
		SEAT SELEKSI	SEAT DIK		
1.	2012	600	200	428	220
2.	2013	500	200	423	223
3.	2014	500	200	365	295
4.	2015	850	353	384	325
5.	2016	330	110	260	110
6.	2017	500	250	459	250
7.	2018	700	350	650	348
8.	2019	700	350	557	323
9.	2020	750	500	611	334
10.	2021	644	500	527	480

Pada tabel diatas menunjukkan data detail tiap tahunnya yang akan dijadikan bahan untuk prediksi jumlah siswa DIKTUKPA di tahun berikutnya. Berdasarkan data pada Tabel 3.1 di atas terlihat bahwa pada tabel tersebut terdapat empat buah variabel/parameter yaitu:

1. Seat Seleksi menjelaskan jumlah peserta yang disiapkan untuk mengikuti seleksi program DIKTUKPA berdasarkan ketentuan rencana pendidikan di tahun tersebut.
2. Seat Dik merupakan jumlah kuota siswa yang direncanakan untuk mengikuti program DIKTUKPA di tahun tersebut.
3. Animo merupakan jumlah *real* personel yang berminat untuk mengikuti rangkaian tes seleksi program DIKTUKPA.
4. Peserta Dik merupakan jumlah *real* siswa yang dinyatakan lolos untuk mengikuti program DIKTUKPA di tahun tersebut. Jumlah peserta didik ini sangat dipengaruhi oleh tiga buah parameter lainnya.

3.2. Tahapan Implementasi JST Backpropagation

Dalam memprediksi jumlah peserta didik program DIKTUKPA TNI AL dengan menggunakan algoritma JST Backpropagation. Berikut merupakan Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam melakukan proses prediksi data dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation, yaitu:

1. Langkah Pertama: Proses normalisasi data

Normalisasi data di terapkan pada tabel data Rekapitulasi siswa Diktukpa dari tahun 2012-2021. Dengan persamaan sebagai berikut:

$$x_i \text{ norm} = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

Dimana :

$x_i \text{ norm}$: Hasil normalisasi pada data ke-I

x_i : Data ke-i.

$\min(x)$: Data minimum.

$\max(x)$: Data maksimum.

Berikut hasil normalisasi pada data rekapitulasi program DIKTUKPA TNI AL akan terlihat seperti pada tabel berikut ini:

Table 3.2 Data rekapitulasi program DIKTUKPA TNI AL ternormalisasi

NO.	TAHUN	RENDIK (Rencana Pendidikan)		ANIMO	PESERTA DIK
		SEAT SELEKSI	SEAT DIK		
1.	2012	0.519	0.231	0.431	0.297
2.	2013	0.327	0.231	0.418	0.305



3.	2014	0.327	0.231	0.269	0.5
4.	2015	1	0.623	0.318	0.581
5.	2016	0	0	0	0
6.	2017	0.327	0.359	0.510	0.378
7.	2018	0.712	0.615	1	0.643
8.	2019	0.712	0.615	0.762	0.576
9.	2020	0.808	1	0.9	0.605
10.	2021	0.604	1	0.685	1

2. Langkah Kedua: Data ternormalisasi dibagi dua yaitu data latih (data berwarna ungu) dan data uji (data berwarna biru)

3. Langkah Ketiga: Proses pelatihan terdapat 3 bagian, diantaranya

1) Inisialisasi parameter-parameter JST *Backpropagation*

Jumlah neuron pada *input layer* (n_{input}) = 3

Laju pembelajaran (α) = 0.3

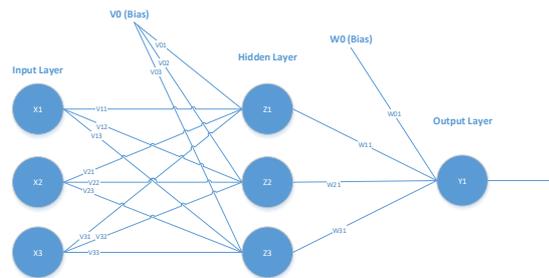
Jumlah neuron pada *hidden layer* (n_{hidden}) = 3

Jumlah iterasi = 100

Jumlah neuron pada *output layer* (n_{output}) = 1

Toleransi error = 0.01

Berdasarkan parameter tersebut, maka arsitektur JST *Backpropagation* pada kasus ini sebagai berikut:



Gambar 3.1 Arsitektur JST *Backpropagation*

2) Inisialisasi bobot V dan bobot W secara acak.

3) Proses perambatan maju (*Feedforward*)

a. Perhitungan nilai neuron pada *hidden layer* (nilai Z), setelah itu dilanjutkan dengan memasukkan persamaan fungsi aktivasi sigmoid biner.

$$z_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij}$$

$$z_j = f(z_in_j)$$

b. Perhitungan nilai neuron pada *output layer* (nilai Y), setelah itu dilanjutkan dengan memasukkan persamaan fungsi aktivasi sigmoid biner.

$$y_in_k = w_{0k} + \sum_{j=1}^n z_j w_{jk}$$

$$y_k = f(y_in_k)$$

4) Proses perambatan mundur (*Backpropagation*)

a. Perambatan mundur output layer ke hidden layer (memperbarui bobot W)

$$\begin{aligned} \delta_k &= (t_k - y_k) f'(y_in_k) \\ &= (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \end{aligned}$$

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j$$



$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k$$

$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk}$$

$$w_{0k}(\text{baru}) = w_{0k}(\text{lama}) + \Delta w_{0k}$$

V

- b. Perambatan mundur dari hidden layer ke input layer (memperbarui bobot V)

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^n \delta_k w_{jk}$$

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j})$$

$$= \delta_{in_j} z_j (1 - z_j)$$

$$\Delta V_{ij} = \alpha \delta_j x_i$$

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j$$

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij}$$

$$v_{0j}(\text{baru}) = v_{0j}(\text{lama}) + \Delta v_{0j}$$

- Langkah Keempat:** Setelah selesai maka proses pelatihan untuk satu siklus iterasi (pengulangan) telah selesai dilakukan. Kemudian sesuaikan dengan ketetapan toleransi eror yang berlaku. Apabila belum terpenuhi, lakukan iterasi dari langkah ketiga bagian ketiga proses perambatan maju sampai dengan langkah terakhir, sampai dengan kondisi terpenuhi atau iterasi sesuai dengan ketetapan
- Langkah Kelima:** Proses Pengujian/ Proses Prediksi. Melakukan proses perambatan maju saja yaitu perhitungan neuron pada *hidden layer* (nilai Z) dan perhitungan nilai neuron pada *output layer* (nilai Y). Kemudian untuk mengetahui jumlah hasil prediksi maka *output* hasil perhitungan JST harus dilakukan denormalisasi terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut:

$$y_{denorm} = (y * \max(x) - y * \min(x)) + \min(x)$$

Berikut adalah tabel yang memperlihatkan hasil prediksi terhadap data uji ke-1, ke-2 dan ke-3:

Tabel 3.3 Hasil prediksi

No	X1	X2	X3	Keluaran JST	Keluaran JST (Denormalisasi)	Peserta Didik Sebenarnya	Eror
1	0.712	0.615	0.762	0.4037	259	323	64
2	0.808	1	0.9	0.4075	261	334	73
3	0.604	1	0.685	0.4045	260	480	220

Perhitungan Persentase Akurasi Proses Pengujian

persentase akurasi hasil prediksi JST Backpropagation dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{persentase akurasi (\%)} = 100\% - \text{persentase eror}$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka perhitungan persentase hasil prediksi pada proses pengujian dapat dilihat pada tabel berikut ini.



DOI: 10.52362/jisamar.v5i4.574

Ciptaan disebarluaskan di bawah [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Tabel 3.4 Persentase akurasi

No	Persentase eror (%)	Persentase Akurasi (%)
1	$\frac{64}{323} * 100 = 19.81$	$100 - 19.81 = 80.19$
2	$\frac{73}{334} * 100 = 21.86$	$100 - 21.86 = 78.14$
3	$\frac{220}{480} * 100 = 45.83$	$100 - 45.83 = 54.17$

Adapun rata-rata persentase akurasi adalah sebagai berikut.

$$\text{rata - rata akurasi (\%)} = \frac{80.19 + 78.14 + 54.17}{3} = 70.83$$

Berdasarkan hasil prediksi yang telah dilakukan terhadap data pengujian dapat diketahui bahwa rata-rata persentase kesalahan/eror adalah 29.17%, dan rata-rata persentase akurasinya adalah 70.83%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase akurasi yang diperoleh cukup tinggi. Sehingga proses prediksi terhadap data yang akan datang dapat dilakukan. Apabila persentase eror yang diperoleh tinggi, maka lakukanlah proses pelatihan ulang dengan menambahkan data uji dan atau dengan mengubah-ubah parameter-parameter JST Backpropagation.

Setelah mendapatkan hasil pengujian dengan presentase akurasi yang tinggi, maka proses prediksi jumlah peserta didik DIKTUKPA TNI AL untuk data yang akan datang dapat dilakukan. Proses prediksi data yang akan dilakukan dengan menggunakan cara yang sama seperti pada proses pengujian. Adapun bobot yang digunakan pada proses prediksi adalah bobot terbaru hasil pelatihan (bobot yang sama seperti pada proses pengujian).

3.3. Implementasi JST Backpropagation dengan Matlab Command Windows

Program berbasis *Command Windows* merupakan program yang dirancang untuk melakukan proses prediksi jumlah peserta didik program DIKTUKPA TNI AL dimana data yang digunakan merupakan data yang digunakan pada perhitungan matematis. Program berbasis *command windows* digunakan untuk membuktikan proses perambatan maju dan perambatan mundur data latih ke-1 pada perhitungan matematis yang telah dibuat. Terdapat dua tahapan utama yang harus dilakukan untuk membangun aplikasi JST Backpropagation untuk memprediksi jumlah siswa Diktukpa TNI AL yaitu mendefinisikan fungsi-fungsi JST *Backpropagation* dan Membuat aplikasi JST Backpropagation berbasis *command windows*.

3.3.1 Mendefinisikan Fungsi-Fungsi JST *Backpropagation*

Langkah pertama yang harus dilakukan pada tahapan ini yaitu mendefinisikan fungsi untuk inisialisasi bobot awal V dan bobot awal W secara acak dilakukan menggunakan fungsi program *command windows* dengan nama file **acakbobot.m**. Langkah kedua, mendefinisikan fungsi normalisasi dengan nama file **normalisasi.m**. dan fungsi denormalisasi dengan nama file **denormalisasi.m**. Langkah ketiga, pendefinisian fungsi untuk perambatan maju yang memiliki dua tahapan yaitu mendefinisikan fungsi untuk perhitungan nilai Z (dari *input layer* ke *hidden layer*) dengan nama file **input2hidden.m** dan mendefinisikan fungsi untuk perhitungan nilai Y (dari *hidden layer* ke *output layer*) dengan nama file **hidden2output.m**. Kemudian mendefinisikan fungsi perambatan maju yang akan memanggil fungsi **input2hidden** dan fungsi **hidden2output** dengan nama file **perambatanmaju.m**. Langkah keempat, mendefinisikan fungsi untuk perambatan mundur ada dua tahapan yaitu proses pembaruan bobot W (perambatan mundur dari *output layer* ke *hidden layer*) dengan nama file **output2hidden.m** dan proses pembaruan bobot V (perambatan mundur dari *hidden layer* ke *input layer*) dengan nama file **hidden2input.m**.

3.3.2 Membuat aplikasi JST Backpropagation berbasis *Command Windows*

Ada tiga aplikasi yang akan dibuat diantaranya yaitu:



A. Aplikasi JST Backpropagation untuk membuktikan perhitungan matematis

Aplikasi ini dibuat untuk memastikan aplikasi yang dibuat sudah sesuai dengan perhitungan matematis atau tidak. Pada aplikasi ini, data yang akan diproses adalah data latih ke-1 dan bobot yang digunakan adalah sama persis seperti pada perhitungan matematis. Langkah pertama yang harus dilakukan membuat file dengan nama **MainJST.m**. Langkah Kedua menambahkan Menambahkan kode program pada file **MainJST.m** untuk melakukan proses perambatan maju dan perambatan mundur. Langkah terakhir menjalankan aplikasi.

B. Aplikasi JST Backpropagation untuk prediksi jumlah siswa Diktukpa

Aplikasi ini akan memperlihatkan proses prediksi jumlah siswa/peserta didik program DIKTUKPA TNI AL. Data latih dan data uji yang digunakan pada kasus ini adalah data yang sama dengan yang digunakan pada perhitungan matematis sebelumnya.

Langkah yang harus dilakukan yaitu pertama membuat nama file **MainJST_2.m** yang disimpan pada direktori yang sama dengan file sebelumnya. Kemudian pada file tersebut ditambahkan kode program untuk melakukan prediksi jumlah siswa Diktukpa TNI AL yang berisi perintah pemanggil fungsi -fungsi JST Backpropagation yang telah dibuat untuk melakukan proses pelatihan dan pengujian terhadap data yang digunakan. Selanjutnya menjalankan aplikasi.

C. Aplikasi JST Backpropagation yang menampilkan proses pelatihan dan pengujian semua data.

Aplikasi ini akan memperlihatkan proses prediksi jumlah siswa/peserta didik program DIKTUKPA TNI AL. Data latih dan data uji yang digunakan pada kasus ini adalah data yang sama dengan yang digunakan pada perhitungan matematis yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Namun data yang digunakan belum dinormalisasi, sehingga proses normalisasi akan dilakukan dengan menggunakan fungsi yang telah dibuat. Selain itu proses pembangkitan bobot juga dilakukan dengan menggunakan fungsi yang telah dibuat, sehingga Anda dapat mengubah-ubah jumlah neuron pada hidden layer. Program ini lebih dinamis, karena Anda dapat mengubah-ubah arsitektur dari JST backpropagation yang digunakan.

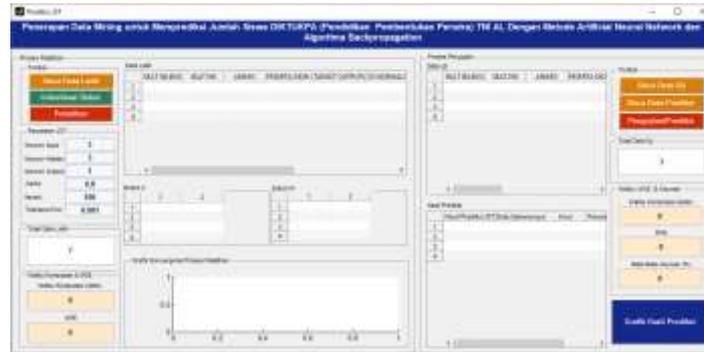
Langkah yang perlu dilakukan yaitu membuat file dengan nama **MainJST_3.m** dengan menambahkan kode program berisi perintah yang akan memanggil fungsi-fungsi JST Backpropagation yang telah dibuat untuk melakukan proses proses pelatihan dan pengujian pada data rekapitulasi program DIKTUKPA TNI AL. Kemudian menjalankan aplikasi.

3.4. Implementasi JST Backpropagation dengan Matlab GUI

Aplikasi prediksi jumlah siswa program DIKTUKPA TNI AL berbasis GUI menggunakan algoritma JST *Backpropagation* yang menjelaskan secara detail langkah-langkah perancangan GUI aplikasi dengan menggunakan MATLAB, langkah-langkah penambahan kode program pada Callback setiap tombol yang terdapat pada GUI aplikasi, dan cara menjalankan aplikasi GUI untuk memprediksi jumlah siswa pada program DIKTUKPA TNI AL.

Berikut tampilan program GUI setelah dijalankan sebagai berikut:



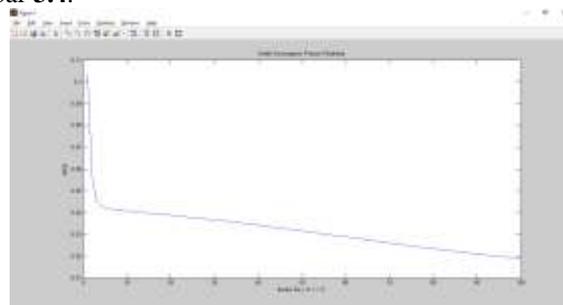


Gambar 3.2 Tampilan awal program ketika dijalankan

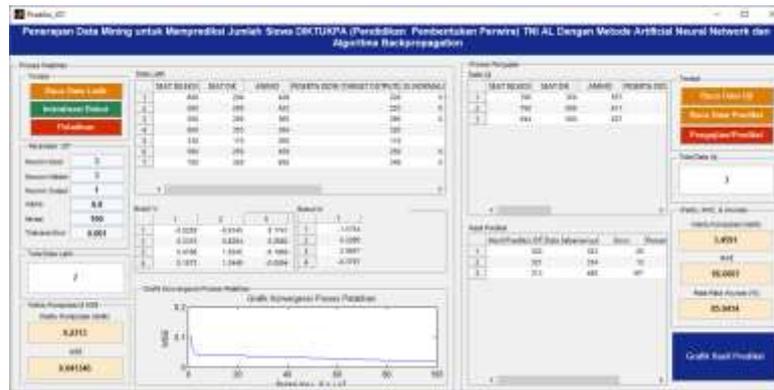


Gambar 3.3 Tampilan program ketika proses pelatihan selesai dilakukan

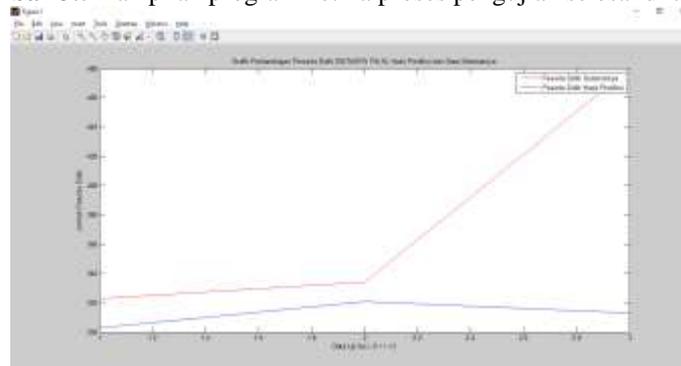
Berikut merupakan langkah proses pelatihan, Langkah pertama pada proses pelatihan yaitu menetapkan jumlah data latih yang akan digunakan (misal data latihnya 7) lalu menekan button Baca data latih dan program akan meminta untuk memilih file excel yang akan digunakan untuk data latih. Setelah itu data latih akan muncul sesuai jumlah yang kita tetapkan sebelumnya. Langkah kedua mengatur parameter JST seperti neuron input, hidden, output, alpha, iterasi dan toleransi error. Pada kasus ini jumlah neuron pada input layer dan output layer bersifat statis atau tidak bisa dirubah yang dalam kasus ini bernilai 3 dan 1. Adapun parameter jumlah neuron pada hidden layer bisa diubah-ubah sesuai dengan keinginan. Setelah itu menekan button inialisasi bobot, barulah keluar hasil bobot v dan bobot w . Langkah terakhir melaksanakan proses pelatihan dengan menekan button pelatihan, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 3.3 dan muncul juga grafik konvergensi seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Grafik konvergensi MSE proses pelatihan



Gambar 3.5 Tampilan program ketika proses pengujian selesai dilakukan



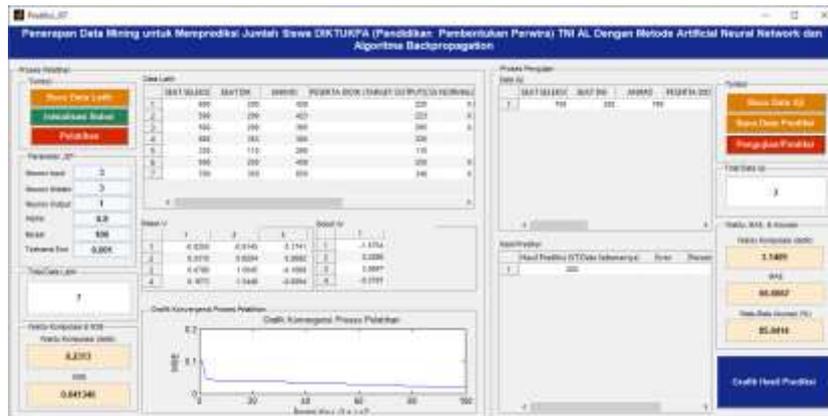
Gambar 3.6 Grafik perbandingan PPV hasil prediksi dan PPV sebenarnya

Berikut merupakan langkah proses pengujian/prediksi, Langkah pertama pada proses pengujian yaitu menetapkan jumlah data uji yang akan digunakan (misal data ujinya 3) lalu menekan button Baca Data Uji dan program akan meminta untuk memilih file excel yang akan digunakan untuk menampilkan data uji. Setelah itu data uji akan muncul sesuai jumlah yang kita tetapkan sebelumnya. Langkah terakhir melaksanakan proses pengujian dengan menekan button pengujian, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 3.5 dan muncul juga grafik konvergensi seperti pada gambar 3.6.

Sedangkan untuk melakukan proses prediksi jumlah peserta didik pada tahun 2022 yaitu memasukkan data dari 3 parameter yang digunakan; seat seleksi, seat dik dan animo pada file excel yang sama pada saat pembacaan data latih dan data uji. Berdasarkan Gambar 3.7 di atas terlihat bahwa pada data ke-11/data tahun 2022, jumlah peserta didik pada parameter PESERTA DIK adalah 0. Karena data tersebutlah yang akan kita prediksi. Setelah itu, simpanlah data tersebut. Kemudian langkah pertama untuk melakukan proses prediksi tahun 2022 yaitu dengan menekan button Baca Data Prediksi dan program akan meminta untuk memilih file excel yang akan digunakan untuk menampilkan data prediksi yang sudah ditambahkan tahun 2022 tadi. Setelah data berhasil tampil, Langkah selanjutnya menekan button Pengujian/Prediksi maka akan muncul tampilan seperti pada gambar 3.8. Pada gambar tersebut terlihat bahwa hasil prediksi jumlah peserta didik program DIKTUKPA TNI AL pada tahun 2022 adalah 250.

NO.	TAHUN	SEAT SELEKSI	SEAT DIK	ANIMO	PESERTA DIK
1	2012	600	200	428	220
2	2013	500	200	423	223
3	2014	500	200	365	285
4	2015	850	553	384	325
5	2016	330	110	260	110
6	2017	500	250	459	250
7	2018	700	350	650	348
8	2019	700	350	557	323
9	2020	750	500	611	334
10	2021	750	500	577	360
11	2022	750	250	700	348

Gambar 3.7 Data program DIKTUKPA TNI AL tahun 2022



Gambar 3.8 Tampilan program setelah selesai proses prediksi

3.5. Pengujian

Pengujian aplikasi yang dibangun dilakukan terhadap jumlah data latih yang bervariasi dan terhadap jumlah neuron hidden layer/model arsitektur yang bervariasi. Berikut adalah hasil dari pengujian yang dilakukan pada penelitian ini.

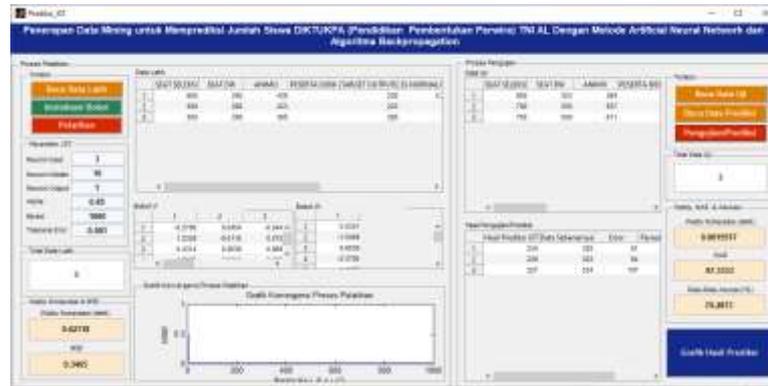
3.5.1 Pengujian Terhadap Jumlah Data Latih Bervariasi

Pengujian ini dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan jumlah data latih terhadap tingkat akurasi. Pada pengujian ini akan dilakukan uji coba dengan tiga jumlah data latih berbeda yaitu 3 data latih, 5 data latih, dan 7 data latih. Pada pengujian ini, nilai parameter-parameter JST backpropagation yang digunakan bernilai tetap untuk setiap uji coba. Adapun parameter-parameter JST backpropagation yang digunakan adalah:

Neuron Input	: 3
Neuron Hidden	: 10
Neuron Output	: 1
Alpha (laju Pembelajaran)	: 0.85
Toleransi Error	: 0.001
Jumlah Iterasi	: 1000

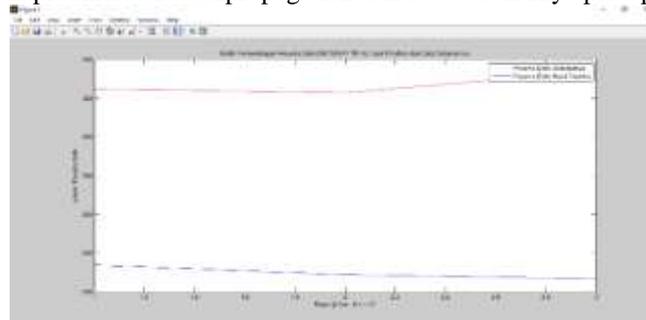
Berikut adalah tampilan yang memperlihatkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap data latih dengan jumlah 4, dimana data tersebut merupakan data rekapitulasi program DIKTUKPA TNI AL pada tahun 2012 sampai tahun 2015. Adapun pengujian dilakukan terhadap data rekapitulasi program DIKTUKPA TNI AL dari tahun 2019 sampai tahun 2021 yang berjumlah 3 data.





Gambar 3.9 Pengujian dengan data latih=3, data uji=3

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 3.9 di atas terlihat bahwa waktu komputasi yang dibutuhkan untuk proses pelatihan adalah 0.62118 detik, dan nilai MSE pada proses pelatihan adalah 0.3465. Adapun waktu komputasi yang dibutuhkan untuk proses pengujian adalah 0.0015577 detik. Pada pengujian ini, aplikasi yang dibangun berhasil melakukan prediksi jumlah peserta didik yang lolos pada program DIKTUKPA TNI AL 2018-2021 dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 70.2873% dan nilai MAE sebesar 97.3333. Berikut adalah grafik perbandingan antara hasil prediksi JST backpropagation dan data sebenarnya pada pengujian ini.



Gambar 3.10 Grafik hasil prediksi pada pengujian dengan data latih=3 dan data uji=3

Dengan menggunakan cara yang sama, maka hasil pengujian dengan jumlah data latih yang lain dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.5 Hasil pengujian terhadap jumlah data latih bervariasi

No	Jumlah Data Latih	Waktu Pelatihan (detik)	Akurasi (%)
1	3	0,43476	69,7206
2	5	0,53941	96,2862
3	7	0,57944	95,5958
Rata-rata			87,20086667

Berdasarkan grafik hasil pengujian di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah data latih yang digunakan maka waktu komputasi pada proses pelatihan cenderung semakin tinggi, dan begitu juga dengan tingkat akurasi hasil pengujian yang didapatkan cenderung meningkat atau semakin tinggi.

3.5.2 Pengujian terhadap model arsitektur JST Bervariasi

Pada pengujian ini, data latih dan data uji yang digunakan tidak berubah. Diman pengujian ini dilakukan terhadap data latih dengan jumlah 7 (data selama 7 tahun). Data latih merupakan data rekapitulasi



program DIKTUKPA TNI AL dari tahun 2012-2018. Adapun data uji yang digunakan adalah 3 (data selama 3 tahun) yaitu data dari tahun 2019-2021.

Pada pengujian ini, nilai dari parameter jumlah neuron pada hidden layer akan bervariasi sedangkan nilai parameter-parameter JST backpropagation lainnya bernilai tetap. Adapun parameter jumlah neuron pada hidden layer yang digunakan adalah 5, 10, dan 25. Berikut adalah parameter-parameter JST backpropagation lainnya yang digunakan pada pengujian ini.

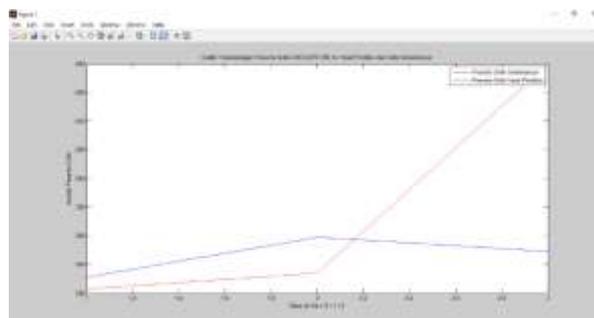
Neuron Input	:	3
Neuron Output	:	3
Toleransi Eror	:	0,001
Laju Pembelajaran	:	0,85
Jumlah Iterasi	:	1000

Berikut adalah tampilan yang memperlihatkan hasil pengujian yang dilakukan dengan jumlah neuron pada hidden layer 5.



Gambar 3.11 Pengujian dengan jumlah neuron hidden layer =5

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 3.11 di atas terlihat bahwa waktu komputasi yang dibutuhkan untuk proses pelatihan adalah 0.82194 detik, dan nilai MSE pada proses pelatihan adalah 0.021225. Adapun waktu komputasi yang dibutuhkan untuk proses pengujian adalah 0.0027654 detik. Pada pengujian ini, aplikasi yang dibangun berhasil melakukan prediksi jumlah peserta didik pada program DIKTUKPA TNI AL 2019-2021 dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 87.7759% dan nilai MAE sebesar 54.6667. Berikut adalah grafik perbandingan antara hasil prediksi JST *backpropagation* dan data sebenarnya pada pengujian ini.



Gambar 3.12 Grafik hasil prediksi pada pengujian dengan jumlah neuron hidden layer=5

Dengan menggunakan cara yang sama, maka hasil pengujian dengan parameter jumlah neuron pada hidden layer yang lain dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.6 Hasil pengujian terhadap parameter jumlah neuron hidden layer bervariasi



No	Jumlah Neuron Hidden Layer	Waktu Pelatihan (detik)	Akurasi (%)
1	5	0.82194	87,7759
2	10	0.675665	88,0207
3	15	0,81056	87,4366
Rata-rata			87,7444

Berdasarkan grafik hasil pengujian dengan jumlah neuron pada hidden layer yang bervariasi di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah neuron pada hidden layer maka waktu komputasi yang dibutuhkan pada proses pelatihan akan cenderung semakin tinggi. Begitu juga dengan tingkat akurasi hasil pengujian yang didapatkan akan cenderung semakin tinggi seiring dengan meningkatnya jumlah neuron pada *hidden layer*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan maka di dapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil prediksi jumlah siswa DIKTUKPA tahun anggaran 2022 dengan data masukan seat seleksi, seat dik dan animo secara acak dan parameter JST serta jumlah data uji sesuai gambar 3.8 dengan hasil prediksi 250 siswa. Jumlah prediksi tersebut dapat berubah-ubah tergantung dengan nilai parameter JST dan data masukan yang di tetapkan.
- Algoritma jaringan syaraf tiruan *backpropagation* berhasil melakukan prediksi jumlah siswa DIKTUKPA TNI AL dengan rata-rata persentase kesalahan/eror adalah 29,17% dan tingkat akurasi yang cukup tinggi yakni 70,83%. Sehingga proses prediksi terhadap data yang akan datang dapat dilakukan
- Pada tahap pengujian dengan jumlah data latih yang bervariasi didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa semakin besar jumlah data latih yang digunakan maka waktu komputasi pada proses pelatihan cenderung semakin tinggi, dan begitu pun dengan tingkat akurasi hasil pengujian yang didapatkan cenderung meningkat atau semakin tinggi. Tingkat akurasi rata-rata yang diperoleh pada pengujian ini adalah sebesar 87,20086667%.
- Pada tahap pengujian dengan jumlah neuron hidden layer/model arsitektur jaringan syaraf tiruan yang bervariasi di dapatkan hasil yang menunjukkan bahwa semakin besar jumlah neuron pada *hidden layer* maka waktu komputasi yang dibutuhkan pada proses pelatihan akan cenderung semakin tinggi. Begitu puladengan tingkat akurasi hasil pengujian yang didapat akan cenderung semakin tinggi seiring dengan meningkatnya jumlah neuron pada *hidden layer*. Tingkat akurasi rata-rata yang diperoleh pada pengujian ini sebesar 87,7444%

REFERENSI

- Gaspersz Vincent. (1998). Production Planning and Inventory Control. Jakarta: PT. Sun.
- Haskett. 2000. *Corporate Culture and Performance*. New York: Free Press.
- J.W.Taylor.(2003). Short-Term Electricity Demand Forecasting Using Double Seasonal Exponential Smoothing. Journal of Operational Research Society, 54, 799-805.
- Barry Render dan Jay Heizer. (2004). Manajemen Operasi. Jakarta: Salemba Empat.
- Davies and Paul Beynon. (2004). Database System Third Edition. New York: Palgrave Macmillan.
- Barry Render and Jay Heizer. (2006). Operations Management. 8th Edition. Pearson. Prentice Hall. New Jersey.
- Eddy Herjanto. (2008). Manajemen Operasi Edisi Ketiga. Jakarta: Grasindo.



- [8] Jong Jek Siang. (2009). Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya dengan Matlab. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [9] Herdianto. (2013). Prediksi Kerusakan Motor Induksi Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [10] Retno Tri Vuldari. (2017). Data Mining Teori dan Aplikasi Rapidminer. Gava Media, Yogyakarta.
- [11] Setia Pramana, Budi Yuniarto, Siti Mariyah, Ibnu Santoso, Rani Nooraeni. (2018). Data Mining dengan R Konsep serta Implementasi. Bogor: In Media.
- [12] Suyanto. (2019). Data Mining Untuk Klasifikasi Data dan Klasterisasi Data Edisi Revisi. Bandung: Informatika.
- [13] Muhammad Arhami, Muhammad Nasir. (2020). Data Mining Algoritma dan Implementasi. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [14] Hamzan Wadi. (2020). Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Menggunakan Matlab GUI. Mataram: TR Publisher.
- [15] Hamzan Wadi. (2020). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Menggunakan Matlab GUI. Mataram: TR Publisher.
- [16] Solikhun, Mochamad Wahyudi. (2020). Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Pengenalan Pola Calon Debitur. Yayasan Kita Menulis.
- [17] Vivian Siahaan. (2020). Buku Resep Pemrograman Matlab. Balige Publishing.
- [18] Petti Indrayati Sijabat, Yuhandri, Gunadi Widi, Ani Sindar. (2020). Algoritma Backpropagation Prediksi Harga Komoditi terhadap Karakteristik Konsumen Produk Kopi Lokal Nasional. Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi Digital Zone Vol 11 Nomor 1 Mei 2020:96-107.

