

Metode Klasifikasi Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* Pada Mahasiswa Statistika Universitas Terbuka

Siti Hadijah Hasanah¹, Sri Maulidia Permatasari²

^{1,2}Program Studi Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka

E-mail: ¹sitihadijah@ecampus.ut.ac.id; ²srimaulidia@ecampus.ut.ac.id

Abstrak

Jaringan Saraf Tiruan (JST) Backpropagation merupakan salah satu JST yang menggunakan algoritma pembelajaran terawasi. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui parameter dan mengukur akurasi ketepatan klasifikasi terhadap status mahasiswa Prodi Statistika Universitas Terbuka. Berdasarkan hasil, simulasi didapatkan 15 parameter yang dapat memengaruhi status mahasiswa, di antaranya yaitu jenis kelamin, usia, pendidikan (SLTA/SMK, Diploma, S1, dan S2), status pernikahan, status pekerjaan (tidak bekerja, karyawan swasta, wiraswasta, dan PNS), tahun registrasi awal, jumlah registrasi, SKS tempuh, dan IPK. Sedangkan untuk akurasi ketepatan klasifikasi digunakan fungsi aktivasi dan learning rate yang dapat menghasilkan nilai kuadrat tengah galat (KTG) yang minimum pada data training. Hasil simulasi tersebut diterapkan pula pada data testing dengan nilai cut-off point sebesar 0,3481, maka didapatkan ketepatan akurasi dengan kurva ROC pada data training untuk mahasiswa tidak aktif 99,43% dan aktif 99,14%, sedangkan pada data testing mahasiswa tidak aktif 94,00% dan aktif 93,94%. Jadi dari penelitian ini dapat disimpulkan JST Backpropagation merupakan salah satu metode yang sangat baik dalam penerapan metode klasifikasi.

Kata Kunci: *Backpropagation, cut-off point, fungsi aktivasi, jaringan saraf tiruan, learning rate*

Abstract

Backpropagation Artificial Neural Network (ANN) is an ANN that uses a supervised learning algorithm. The purpose of this study is to determine the parameters and measure the accuracy of the classification accuracy of the student status of the Open University Statistics Study Program. Based on the results, the simulation obtained 15 parameters that can affect student status, including gender, age, education (Senior High School, Diploma, Bachelor, and Magister), marital status, employment status (not working, private employees, entrepreneurs, and civil servants), initial registration year, registration number, semester credit system, and GPA). Meanwhile, for the classification accuracy, the activation function and the learning rate are used minimum mean square of error (MSE) on training data. The simulation results are also applied to the testing data with a cut-off point value of 0.3481, so the accuracy of the ROC curve is obtained in the training data for not active students is 99.43% and 99.14% active, while the testing data for not active students is 94.00%. and active 93.94%. So from this research, it can be concluded that ANN Backpropagation is a very good method in applying the classification method.

Keywords: *Backpropagation, cut-off point, activation function, artificial neural network, learning rate*

1. PENDAHULUAN

Universitas Terbuka (UT) memiliki beberapa fakultas, salah satunya Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA). FMIPA didirikan pada tahun 1984 dan kini telah berganti nama menjadi Fakultas Sains dan Teknologi (FST). UT menawarkan program studi S1 Statistika dan telah berhasil meluluskan mahasiswa program studi Statistika dari berbagai macam karakteristik yang dimiliki mahasiswa UT (*Prodi Statistika*, n.d.).

Universitas Terbuka memiliki 39 kantor layanan yang tersebar di seluruh Indonesia dan salah satu universitas yang pertama kali menerapkan sistem pembelajaran jarak jauh dan terbuka. *Jarak jauh* yaitu pembelajaran tidak dilakukan secara tatap muka, melainkan melalui media cetak seperti modul dan non-cetak seperti audio/video, komputer, internet (*Katalog UT*, 2020). Sedangkan *terbuka* yaitu UT tidak ada pembatasan jangka waktu penyelesaian studi, tidak ada penerapan sistem *drop out* (DO), tidak ada pembatasan tahun kelulusan ijazah, umur, dan waktu pendaftaran (*Tentang UT*, n.d.). Maka hal ini yang membuat UT memiliki kelebihan dari universitas lainnya di Indonesia.

Berdasarkan kelebihan berkuliah di UT ada permasalahan yang harus dihadapi universitas, salah satunya adalah status mahasiswa. Hal ini karena mahasiswa diberikan kemudahan untuk mendaftarkan dirinya kapan saja sehingga banyak mahasiswa yang bersifat tidak aktif pada suatu semester dan tidak diketahui pasti kapan mahasiswa tersebut menjadi mahasiswa aktif kembali. Penelitian ini dilakukan untuk mengklasifikasikan status mahasiswa aktif dan tidak aktif pada prodi Statistika dengan menggunakan metode *Artificial Intelligent* (AI) yang salah satunya yaitu metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan menggunakan algoritma *Backpropagation*. *Backpropagation* merupakan algoritma *supervised learning* dan *multi layer* dengan mengubah bobot-bobot pada masing-masing lapisan dengan langkah pertama adalah mengatur jumlah lapisan, *input*, tersembunyi, dan *output* (Izhari, Zarlis, & Sutarmanto, 2020). Pada tahun 1990–2000 AI kurang berkembang karena keterbatasan dalam hal komputasi dan pendanaan, hingga pada tahun 2010 AI membawa peningkatan besar, baik dari sektor negeri maupun swasta — sehingga model JST dapat berkembang menjadi kompleks (Roman, Bre, Fachinotti, & Lamberts, 2020).

Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan suatu metode komputasi yang meniru cara kerja otak manusia yang terdiri dari neuron-neuron, dan antar-neuron tersebut saling berhubungan (Haykin, 2007). Keuntungan menggunakan JST daripada metode klasifikasi lain yaitu sifatnya yang non-parametrik (Paola & Schowengerdt, 1995), sangat baik bila parameter yang digunakan cukup banyak, dan dapat bekerja dengan data yang cukup besar (Chiroma et al., 2019).

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui parameter-parameter yang digunakan untuk pengklasifikasian status mahasiswa yang aktif dan tidak aktif, yang nantinya akan dibuatkan suatu kebijakan atau solusi untuk mengatasi mahasiswa yang kemungkinan akan berstatus tidak aktif dan untuk mengetahui ketepatan klasifikasi status mahasiswa di prodi Statistika UT dengan

menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* (Hasanah, 2014).

Data terbagi menjadi dua bagian, yaitu data *training* dan data *testing*. Pada data *training* dilakukan simulasi dengan memaksimalkan fungsi aktivasi dan *learning rate* (α) (Boithias, El Mankibi, & Michel, 2012). Hasil simulasi yang digunakan adalah model JST *Backpropagation* dengan nilai bobot, fungsi aktivasi, dan *learning rate* (α) yang menghasilkan nilai KTG yang minimum. Hasil simulasi dari data *training* diterapkan pada data *testing* dan diukur akurasi pada kedua data tersebut dengan menggunakan kurva ROC (Kalyan, Jakhia, Lele, Joshi, & Chowdhary, 2014).

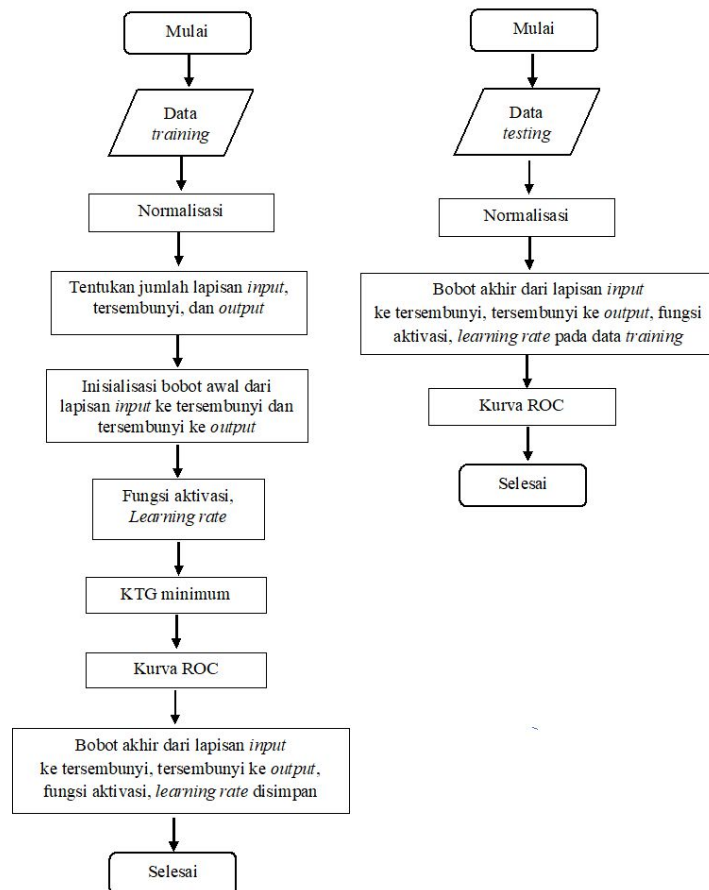
2. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, berupa data Karakteristik Mahasiswa Universitas Terbuka Program Studi Statistika Tahun 1009.1 s/d 2019.2. Data terbagi menjadi dua, yaitu data *training* 1046 mahasiswa dan data *testing* 447 mahasiswa yang diambil untuk penerapan metode JST *Backpropagation*, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1: Karakteristik Mahasiswa Universitas Terbuka Program Studi Statistika

Variabel	Keterangan	Skala Pengukuran	Kategori
X_1	Jenis Kelamin	Nominal	1 = Pria 2 = Wanita
X_2	Usia	Interval	
X_3	Pendidikan	Ordinal	1 = SLTA/SMK 2 = Diploma 3 = S1 4 = S2 5 = S3
X_4	Status Pernikahan	Nominal	1 = Belum Menikah 2 = Menikah
X_5	Status Pekerjaan	Nominal	1 = Tidak Bekerja 2 = Karyawan Swasta 3 = Wiraswasta 4 = PNS 5 = TNI/Polri
X_6	Tahun Registrasi Awal	Interval	
X_7	Jumlah Registrasi	Interval	
X_8	SKS Tempuh	Interval	
X_9	IPK	Interval	
Y	Status Mahasiswa	Nominal	0 = Tidak Aktif 1 = Aktif

Gambar 1 di bawah ini merupakan gambar *flowchart* metode JST *Backpropagation*:



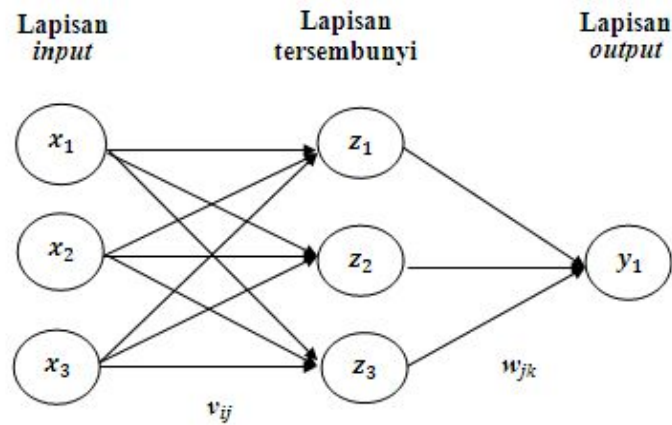
Gambar 1: *Flowchart JST Backpropagation*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah pemrosesan informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf biologi. JST mampu mengenali kegiatan dengan berbasis data pada masa lalu. Data masa lalu akan dipelajari oleh JST sehingga mempunyai kemampuan untuk memberi keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari (Hasanah, 2014).

3.1 *Backpropagation*

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran terawasi yang terdiri dari lapisan *input*, lapisan tersembunyi, dan *output* dengan mengubah bobot-bobot yang terhubung pada masing-masing lapisan (Shi et al., 2012).



Gambar 2: Jaringan Saraf Tiruan
Sumber: Raymundo dan Raymundo (2012)

Gambar 2 di atas merupakan contoh arsitektur JST *Backpropagation* yang menunjukkan bahwa x_1, x_2, x_3 merupakan lapisan *input*, z_1, z_2, z_3 merupakan lapisan tersembunyi, sedangkan y_1 merupakan lapisan *output*. Antara lapisan *input* ke lapisan tersembunyi dihubungkan oleh masing-masing bobot sama halnya antara lapisan tersembunyi ke lapisan *output* dihubungkan oleh masing-masing bobot. Setiap lapisan *input*, bobot, dan lapisan tersembunyi didapatkan dengan melakukan simulasi — diharapkan menghasilkan nilai *error* dalam hal ini yaitu kuadrat tengah galat (KTG) minimum.

Model JST *Backpropagation* adalah sebagai berikut:

$$y_k = f_k \left(\sum_{j=1}^p w_{jk} f_j \left(v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \right) + w_{0k} \right) \quad (1)$$

w_{0k} = bobot bias pada unit *output* y_k

v_{0j} = bobot bias pada unit tersembunyi z_j

v_{ij} = bobot garis dari unit x_i ke unit tersembunyi z_j

w_{jk} = bobot garis dari z_j ke unit *output* y_k

f_k = fungsi aktivasi pada unit tersembunyi ke *output*

f_j = fungsi aktivasi pada unit *input* ke tersembunyi

x_i = unit *input* ke- i

z_j = unit tersembunyi ke- j

y_k = unit *output* ke- k

$i = 1, \dots, n$

$j = 1, \dots, p$

$k = 1, \dots, l$

k = banyaknya unit *input*

p = banyaknya unit tersembunyi

l = banyaknya unit *output*

3.2 Normalisasi

Normalisasi digunakan untuk melihat hasil *output* pada JST *Backpropagation* berada pada nilai 0 sampai dengan 1. Normalisasi dapat menghasilkan ketepatan klasifikasi yang cukup tinggi pada status mahasiswa prodi Statistika UT (Aksu, Güzeller, & Eser, 2019), dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$x = \frac{0,8(x - a)}{b - a} + 0,1 \quad (2)$$

3.3 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi merupakan suatu fungsi yang digunakan untuk membawa nilai *input* menuju *output* yang diinginkan. Fungsi ini harus memenuhi beberapa syarat yaitu kontinu, terdiferensial dengan mudah, dan fungsi yang tidak turun. Fungsi aktivasi yang digunakan dalam JST *Backpropagation* yaitu fungsi sigmoid biner, fungsi tangen sigmoid, dan fungsi linear (Mirtalaei, Saberi, Hussain, Ashjari, & Hussain, 2012).

3.4 Hasil Eksplorasi Data

Berikut ini merupakan hasil eksplorasi data yang menggambarkan status mahasiswa prodi Statistika UT berdasarkan jenis kelamin, kelompok usia, pendidikan, status pernikahan, dan status pekerjaan.

Tabel 2: Status Mahasiswa Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Persentase (%)	
	Tidak Aktif	Aktif
Pria	35,9	64,1
Wanita	29,1	70,9

Berdasarkan Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa persentase wanita yang aktif sebagai mahasiswa UT prodi Statistika yaitu sebesar 70,9%. Persentase tersebut lebih besar bila dibandingkan dengan pria yaitu sebesar 64,1%. Maka dapat disimpulkan wanita lebih mendominasi mengambil program studi Statistika dibandingkan dengan pria.

Tabel 3: Status Mahasiswa Berdasarkan Kelompok Usia

Kelompok Usia	Status Mahasiswa (%)	
	Tidak Aktif	Aktif
≤ 25	8,5	91,5
26 – 35	39,1	60,9
36 – 45	48,8	51,2
46 – 55	44,1	55,9
≥ 56	40	60

Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa persentase yang paling besar sebagai mahasiswa aktif yaitu pada kelompok usia ≤ 25 tahun sebesar 91,5%, diikuti pada kelompok usia 26–35 tahun, ≥ 56 tahun, 46–55 tahun, dan 36–45 tahun. Maka dapat disimpulkan kelompok usia ≤ 25 tahun adalah mahasiswa yang paling banyak mengambil prodi Statistika karena pada usia tersebut merupakan mahasiswa *fresh graduate* dari sekolah menengah ke atas.

Tabel 4: Status Mahasiswa Berdasarkan Pendidikan

Pendidikan	Status Mahasiswa (%)	
	Tidak Aktif	Aktif
SLTA	31,9	68,1
Diploma	35,9	64,1
S1	29	71
S2	0	100
S3	100	0

Tabel 4 menunjukkan bahwa persentase pendidikan S2 dan S1 yang berstatus aktif sebagai mahasiswa UT prodi Statistika yaitu S2 100% dan S1 70%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa status mahasiswa aktif yang telah berpendidikan S1 dan S2 lebih mudah mengikuti perkuliahan di prodi Statistika karena telah mempelajari statistika pada saat mengikuti perkuliahan sebelumnya dan mengambil statistika lagi sebagai penunjang untuk meningkatkan kompetensi dalam hal analisis dan pengolahan data. Sedangkan yang berpendidikan S3 tidak aktif 100%. Setelah dilakukan analisis diketahui bahwa hanya terdapat satu mahasiswa S3 saja yang pada saat itu sedang tidak aktif menjadi mahasiswa.

Tabel 5: Status Mahasiswa Menurut Status Pernikahan

Status Pernikahan	Status Mahasiswa (%)	
	Tidak Aktif	Aktif
Belum Menikah	26,1	73,9
Menikah	38	62

Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa persentase mahasiswa aktif yang berdasarkan status pernikahan diketahui bahwa mahasiswa yang belum menikah pada prodi Statistika yaitu sebesar 73,9%. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa yang belum menikah lebih mudah mengikuti proses perkuliahan di UT pada prodi Statistika.

Tabel 6: Status Mahasiswa Berdasarkan Status Pekerjaan

Status Pernikahan	Status Mahasiswa (%)	
	Tidak Aktif	Aktif
Tidak Bekerja	27	73
Karyawan Swasta	30,5	69,5
Wiraswasta	26,4	73,6
PNS	41,2	58,8
TNI/Polri	100	0

Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa mahasiswa aktif di prodi Statistika adalah mahasiswa yang bekerja sebagai wiraswasta sebesar 73,6% dan tidak bekerja sebesar 73%. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa yang bekerja sebagai wiraswasta dan yang tidak bekerja lebih mudah mengikuti proses perkuliahan di prodi Statistika.

3.5 Simulasi JST *Backpropagation*

Selanjutnya dilakukan pengklasifikasian untuk status mahasiswa prodi Statistika dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) *Backpropagation*. Simulasi dilakukan dengan memaksimalkan fungsi aktivasi dan *learning rate* (α), maka model JST *Backpropagation* pada data *training* yang terbentuk pada unit lapisan *input* yaitu 15 unit, lapisan unit *output* 1, dan 8 lapisan unit tersembunyi. Hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

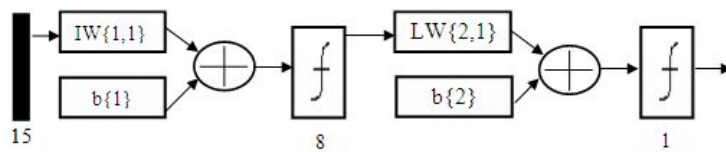
Tabel 7: Hasil Simulasi Fungsi Aktivasi dan *Learning Rate*

No.	Fungsi Aktivasi		<i>Learning Rate</i> (α)	KTG	No.	Fungsi Aktivasi		<i>Learning Rate</i> (α)	KTG
1	Log	Linear	0,01	0,015002	11	Log	Linear	0,5	0,013088
2	Tan	Linear	0,01	0,014702	12	Tan	Linear	0,5	0,013705
3	Log	Linear	0,1	0,013049	13	Log	Linear	0,6	0,016399
4	Tan	Linear	0,1	0,007924	14	Tan	Linear	0,6	0,010384
5	Log	Linear	0,2	0,014674	15	Log	Linear	0,7	0,012494
6	Tan	Linear	0,2	0,013854	16	Tan	Linear	0,7	0,010625
7	Log	Linear	0,3	0,013561	17	Log	Linear	0,8	0,014627
8	Tan	Linear	0,3	0,012849	18	Tan	Linear	0,8	0,005195
9	Log	Linear	0,4	0,014409	19	Log	Linear	0,9	0,012066
10	Tan	Linear	0,4	0,014921	20	Tan	Linear	0,9	0,013741

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa fungsi aktivasi tangen sigmoid pada lapisan *input* ke lapisan tersembunyi dan linear pada lapisan tersembunyi ke lapisan *output* serta *learning rate* 0,8 menghasilkan nilai KTG yang minimum, yaitu sebesar 0,005195. Maka berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada model JST *Backpropagation* adalah sebagai berikut:

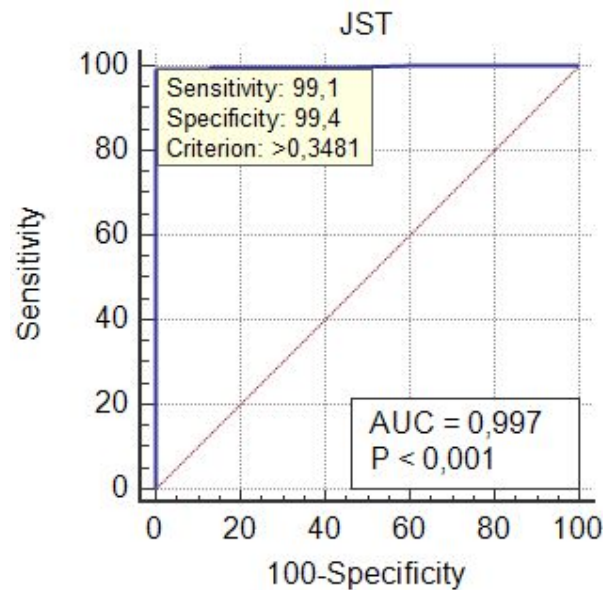
$$y_k = f_k \left(\sum_{j=1}^8 w_{jk} f_j \left(v_{0j} + \sum_{i=1}^{15} x_i v_{ij} \right) + w_{0k} \right) \quad (3)$$

Jumlah 15 unit *input* terdiri dari jenis kelamin, usia, pendidikan (SLTA/SMK, Diploma, S1, S2), status pernikahan, status pekerjaan (tidak bekerja, karyawan swasta, wiraswasta, PNS), tahun registrasi awal, jumlah registrasi, SKS tempuh, dan IPK.

Gambar 3: Hasil Simulasi Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*

Gambar 3 menunjukkan bahwa simulasi yang telah didapatkan dengan 15 unit lapisan *input*, 8 unit lapisan tersembunyi, 1 unit lapisan *output*, $IW\{1,1\}$ dan $b\{1\}$ adalah bobot, bias akhir yang terdapat pada lapisan *input* ke lapisan tersembunyi, $LW\{2,1\}$ dan $b\{2\}$ adalah bobot, bias akhir yang terdapat pada lapisan tersembunyi ke lapisan *output*.

Hasil *output* pada JST *Backpropagation* dilakukan analisis lanjutan dengan menggunakan kurva ROC sebagai berikut:



Gambar 4: Kurva ROC Data *Training*

Pada Gambar 4 didapatkan hasil klasifikasi terbaik pada data *training*, yaitu pada saat *cut-off point* berada di nilai 0,3481. Sehingga didapatkan nilai sensitivitas sebesar 99,1% dan spesifisitas 99,4%. Di Tabel 8 ini merupakan hasil tabulasi silang antara kelas *output* dan data *training* dengan hasil klasifikasi menggunakan metode JST *Backpropagation* adalah sebagai berikut:

Tabel 8: Hasil JST Data *Training*

Kelas	Hasil JST (%)	
	Tidak Aktif	Aktif
Tidak Aktif	99,43	0,57
Aktif	0,86	99,14

Berdasarkan Tabel 8, didapatkan bahwa ketepatan JST *Backpropagation* dalam klasifikasi data *training* untuk mahasiswa tidak aktif sebesar 99,43% dan mahasiswa aktif sebesar 99,14%, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode JST *Backpropagation* cukup baik digunakan untuk klasifikasi data *training* pada status mahasiswa prodi Statistika Universitas Terbuka.

Nilai bobot dan bias yang didapatkan pada proses data *training* digunakan untuk validasi data *testing* dengan menggunakan *cut-off point* sebesar 0,3481 maka didapatkan hasil ketepatan klasifikasi data *testing* pada Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9: Hasil JST Data *Testing*

Kelas	Hasil JST (%)	
	Tidak Aktif	Aktif
Tidak Aktif	94	6
Aktif	6,06	93,94

Berdasarkan Tabel 9, didapatkan bahwa ketepatan JST *Backpropagation* dalam klasifikasi data *testing* untuk mahasiswa tidak aktif sebesar 94% dan yang aktif tepat sebesar 93,94%, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode JST *Backpropagation* cukup baik untuk klasifikasi data *testing* pada status mahasiswa prodi Statistika UT.

4. KESIMPULAN

Parameter dalam pengklasifikasian status mahasiswa prodi Statistika dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* berjumlah 15 parameter yang terdiri dari jenis kelamin, usia, pendidikan (SLTA/SMK, Diploma, S1, S2), status pernikahan, status pekerjaan (tidak bekerja, karyawan swasta, wiraswasta, PNS), tahun registrasi awal, jumlah registrasi, SKS tempuh, dan IPK. Akurasi ketepatan klasifikasi dengan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* adalah sangat baik dengan hasil ketepatan klasifikasi pada data *training* untuk mahasiswa tidak aktif sebesar 99,43% dan mahasiswa aktif sebesar 99,14%. Sedangkan pada data *testing* untuk mahasiswa tidak aktif sebesar 94% dan yang aktif tepat sebesar 93,94%. Jadi, dari penelitian ini dapat disimpulkan JST *Backpropagation* merupakan salah satu metode yang sangat baik dalam penerapan metode klasifikasi pada mahasiswa Statistika Universitas Terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksu, G., Güzeller, C. O., & Eser, M. T. (2019). The effect of the normalization method used in different sample sizes on the success of artificial neural network model. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(2), 170–192.
- Boithias, F., El Mankibi, M., & Michel, P. (2012). Genetic algorithms based optimization of artificial neural network architecture for buildings' indoor discomfort and energy consumption prediction. *Building Simulation*, 5, 95–106. doi: 10.1007/s12273-012-0059-6
- Chiroma, H., Ali, U., Abdulhamid, S., AlArood, A., Rana, N., Shuib, L., ... Herawan, T. (2019). Progress on artificial neural networks for big data analytics: A survey. *IEEE Access*, 7. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2880694
- Hasanah, S. (2014). Comparison of method classification artificial neural network back propagation, logistic regression, and Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) (case study data of unsecured loan). Dalam *Islamic countries society of statistical sciences* (pp. 477–486). Islamic Countries Society of Statistical Sciences. Diakses dari www.isoss.net

- Haykin, S. (2007). *Neural networks: A comprehensive foundation*. Prentice Hall.
- Izhari, F., Zarlis, M., & Sutarman. (2020, Januari). Analysis of backpropagation neural neural network algorithm on student ability based cognitive aspects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 725(1), 1–6. doi: 10.1088/1757-899X/725/1/012103
- Kalyan, K., Jakhia, B., Lele, R. D., Joshi, M., & Chowdhary, A. (2014). Artificial neural network application in the diagnosis of disease conditions with liver ultrasound images. *Advances in Bioinformatics*, 2014. doi: 10.1155/2014/708279
- Katalog UT. (2020). Universitas Terbuka.
- Mirtalaei, M. S., Saberi, M., Hussain, O. K., Ashjari, B., & Hussain, F. K. (2012). A trust-based bio-inspired approach for credit lending decisions. *Computing*, 94(7), 541–577.
- Paola, J. D., & Schowengerdt, R. A. (1995). A review and analysis of backpropagation neural networks for classification of remotely-sensed multi-spectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 16(16), 3033–3058. doi: 10.1080/01431169508954607
- Prodi statistika. (n.d.). Diakses dari <https://fst.ut.ac.id/index.php/statistika-s1>
- Raymundo, R. P., & Raymundo, D. M. S. (2012). Artificial neural network model and multiple regression analysis model in predicting rainfall-the case of isabela, philippines. *International Journal of Arts & Sciences*, 5(4), 243.
- Roman, N. D., Bre, F., Fachinotti, V. D., & Lamberts, R. (2020). Application and characterization of metamodels based on artificial neural networks for building performance simulation: A systematic review. *Energy and Buildings*, 217, 109972. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109972>
- Shi, H.-Y., Lee, K.-T., Lee, H.-H., Ho, W.-H., Sun, D.-P., Wang, J.-J., & Chiu, C.-C. (2012). Comparison of artificial neural network and logistic regression models for predicting in-hospital mortality after primary liver cancer surgery. *PLoS ONE*, 7(4). doi: 10.1371/journal.pone.0035781
- Tentang UT. (n.d.). Diakses dari <https://www.ut.ac.id/tentang-ut>