



Implementation of Deep Neural Network Method on Classification of Type 2 Diabetes Mellitus Disease

Implementasi Metode Deep Neural Network pada Klasifikasi Penyakit Diabetes Melitus Tipe 2

**Muhammad Rizky¹, Andri Pramuntadi^{2*},
Wahit Desta Prastowo³, Deden Hardan Gutama⁴**

^{1,2,3}Department of Informatics, Faculty of Computers and Engineering,
Universitas Alma Ata, Yogyakarta, Indonesia

E-Mail: ¹193200059@almaata.ac.id, ²andripramuntadi@almaata.ac.id,
³wahitdesta.almaata.ac.id, ⁴hardan@almaata.ac.id

Received Feb 12th 2024; Revised May 15th 2024; Accepted Jun 5th 2024
Corresponding Author: Andri Pramuntadi

Abstract

Diabetes mellitus is characterized by high levels of blood sugar, also known as glucose, as a result of the body's lack of or inability to use insulin efficiently. In 2021, the International Diabetes Federation (IDF) reported that five countries had the highest number of people with diabetes mellitus in the 20 to 79 age group. With 19.5 million people suffering, Indonesia ranks second. Various efforts have been made to stop the development of this disease. One of them is a study that uses the DNN (Deep Neural Network) classification method to predict a person's risk. Using a dataset from the Mergangsan Community Health Center (Puskesmas) in Yogyakarta City, DIY Province, this study used ten variables: gender, smoking, weight, height, body mass index (BMI), hypertension, age, physical activity, alcohol consumption, and history of non-communicable diseases. DNN parameters such as number of layers, number of neurons, activation function, learning rate, batch size, weight, optimizer, loss function, epoch, and bias were used to build the prediction model. The K 10-fold CV method is used to partition the training and test data to build the prediction model. The results reached 90 percent, 85 percent, 95 percent, and 89 percent using f1 score, accuracy, precision, and recall, respectively.

Keyword: Artificial Intelligence, Deep Neural Network (DNN), Machine Learning, Type 2 Diabetes Mellitus

Abstrak

Penyakit diabetes mellitus ditandai oleh tingginya kadar gula dalam darah, juga dikenal sebagai glukosa, sebagai akibat dari kurangnya atau ketidakmampuan tubuh untuk menggunakan insulin secara efisien. Pada tahun 2021, Federasi Diabetes Internasional (IDF) melaporkan bahwa lima negara memiliki jumlah penderita diabetes mellitus terbanyak di kelompok usia 20 hingga 79 tahun. Dengan 19,5 juta orang yang menderita, Indonesia menempati peringkat kedua. Berbagai upaya telah dilakukan untuk menghentikan perkembangan penyakit ini. Salah satunya adalah penelitian yang menggunakan metode klasifikasi Deep Neural Network (DNN) untuk memprediksi risiko seseorang. Menggunakan dataset dari Puskesmas Mergangsan di Kota Yogyakarta, Provinsi DIY, penelitian ini menggunakan sepuluh variabel: jenis kelamin, merokok, berat badan, tinggi badan, Indeks Massa Tubuh (IMT), hipertensi, usia, aktivitas fisik, konsumsi alkohol, dan riwayat penyakit tidak menular. Parameter DNN seperti jumlah lapisan, jumlah neuron, fungsi aktivasi, tingkat pembelajaran, ukuran batch, berat, optimizer, fungsi kehilangan, epoch, dan bias digunakan untuk membangun model prediksi. Metode K 10-fold CV digunakan untuk mempartisi data pelatihan dan uji untuk membuat model prediksi. Hasilnya mencapai 90 persen, 85 persen, 95 persen, dan 89 persen masing-masing dengan menggunakan skor f1, akurasi, presisi, dan recall.

Kata Kunci: Deep Neural Network (DNN), Diabetes Melitus Tipe 2, Kecerdasan Buatan, Machine Learning

1. PENDAHULUAN

Diabetes adalah penyakit yang ditandai dengan tingginya kadar gula (glukosa) dalam darah karena tubuh tidak dapat menggunakan insulin dengan efektif atau tidak memproduksi cukup insulin [1]. Ketika

seseorang menderita diabetes, kadar gula dalam darahnya tinggi dan dapat menyebabkan komplikasi fisik yang timbul berupa, kerusakan mata, kerusakan ginjal, penyakit jantung, hipertensi, stroke [2].

Menurut *International Diabetes Federation* (IDF) pada tahun 2021, terdapat lima negara dengan jumlah penduduk tertinggi yang menderita diabetes melitus dalam rentang usia 20-79 tahun. Salah satunya adalah Indonesia yang menempati peringkat kedua dengan jumlah penduduk penderita diabetes sebanyak 19,5 juta orang [3]. Pada Diabetes tipe 1 adalah jenis diabetes yang terjadi ketika sistem kekebalan tubuh menyerang dan menghancurkan sel beta di pankreas yang bertanggung jawab untuk menghasilkan insulin [4].

Sedangkan penyakit Diabetes Melitus (DM) tipe 2 adalah diabetes yang disebabkan kegagalan tubuh memanfaatkan insulin sehingga mengarah pada penambahan berat badan dan penurunan aktivitas fisik, berbeda dengan diabetes kehamilan yang ditemukan untuk pertama kalinya selama kehamilan yang disebut dengan hiperglikemia [5]. Berbagai upaya dilakukan untuk menekan angka pertumbuhan penyakit DM terutama pada DM tipe 2 yang dipengaruhi oleh pola gaya hidup sehari-hari. Pada bidang kesehatan, teknologi mulai berperan di dalamnya yang dikenal sebagai Kecerdasan Buatan atau *Artificial Intelligence* (AI). Penerapan teknologi AI dalam bidang kesehatan dapat memberikan manfaat dalam mendukung penanganan diabetes, meningkatkan pengelolaan penyakit, dan memberikan perawatan yang lebih efektif dan personalisasi. Namun, tetap penting untuk tetap meningkatkan kesadaran dan edukasi tentang pentingnya pola hidup sehat dalam pencegahan Diabete Melitus tipe 2, serta memanfaatkan teknologi sebagai alat bantu dalam mengelola kondisi tersebut.

Salah satu algoritma AI yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya adalah Deep Neural Network (DNN) merupakan algoritma dari sub-bidang *machine learning* yang dapat diimplementasikan untuk memprediksi, klasifikasi, dan regresi. DNN adalah sebuah salah satu algoritma Deep Learning berbasis jaringan saraf yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan. Jenis algoritma ini merupakan sebuah struktur algoritma yang berlapis-lapis dengan model sirkuit saraf kranial manusia dan hewan yang dirancang untuk mengenali pola yang disebut *Neural Network* (NN).

Beberapa penelitian yang menggunakan *machine learning* dalam memprediksi telah dilakukan sebelumnya. Bala Manoj Kumar P, dkk (2020) dengan implementasi algoritma DNN untuk memprediksi penyakit DM menggunakan dataset *Pima Indiana Diabetes Datase* (PIDD) mendapat akurasi 98.16% [6]. Tawfik Beghriche, dkk (2021), penelitian menggunakan PIDD (*Pima Indiana Diabetes Dataset*) untuk melakukan prediksi awal pada seorang pasien menggunakan metode klasifikasi DNN. Hasil menunjukkan performa pada metode DNN lebih dari 95% [7].

Othmane Daanouni, dkk (2019) penelitian yang serupa yaitu menggunakan PIDD pada metode DNN hasil akurasi pada DNN yaitu 96.36% [8]. Kannadasan K, dkk (2019) melakukan prediksi menggunakan DNN. Hasil menunjukkan metode DNN dengan hasil evaluasi akurasi 86,26%, presisi 90,66%, recall 87,92%, f1-score 98,27% [9].

P. Nagaraj, dkk (2021) menggunakan metode model DNN. Hasil yang didapatkan adalah pada DNN 98% [10]. Huaping Zhou, dkk (2020) melakukan penelitian dengan PIDD pada metode DNN dengan mendapat hasil akurasi 99,41% [11]. Mafas Raheem (2021) melakukan penelitian menggunakan metode DNN dengan dataset *Pima Indiana Diabetes Dataset* (PIDD). Hasil menunjukkan DNN dengan hasil akurasi 88% [12]. Mahmoud Ragab, dkk (2022) yang melakukan prediksi menggunakan metode DNN dengan PIDD mendapat hasil akurasi 95%% [13].

Berdasarkan latar belakang dan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk melakukan prediksi penyakit DM tipe 2 dengan membangun permodelan klasifikasi dari dataset yang bersumber dari Puskesmas Mergangsan yang terletak di Kecamatan Mergangsan menggunakan metode *Deep Neural Network*. Tak hanya itu saja, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan manfaat bagi bidang ilmu kesehatan agar dapat meningkatkan kualitas model dalam prediksi diabetes dengan model tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada tahap ini merupakan alur dari penelitian yang akan dilakukan. Dimulai dengan pengumpulan data yang bersumber dari Puskesmas Mergangsan, kemudian dataset dilakukan *preprocessing* agar skala dataset atribut satu dengan lainnya seimbang. Selanjutnya implementasi metode DNN dengan pengujian nilai parameter dimana ditentukan dengan bentuk model, tahap akhir yaitu melakukan evaluasi terhadap permodelan.

2.1 *Diabetes Melitus Tipe 2*

DM tipe 2 adalah diabetes yang disebabkan kegagalan tubuh memanfaatkan insulin sehingga mengarah pada penambahan berat badan dan penurunan aktivitas fisik, berbeda dengan diabetes kehamilan yang ditemukan untuk pertama kalinya selama kehamilan yang disebut dengan hiperglikemia [5]. Pada penelitian ini, cara untuk mengukur seseorang apakah terkena dan tidak terkena diabetes adalah dengan melakukan prediksi pada dataset yang mendukung faktor utama dari DM tipe 2.

2.2 Data Mining

Data Mining adalah serangkaian proses untuk menggali nilai tambah berupa informasi yang selama ini tidak diketahui secara manual dari suatu basis data [14]. *Data mining* merupakan bidang dari beberapa bidang keilmuan yang menyatukan teknik dari pembelajaran mesin, pengenalan pola, *statistic*, *database*, dan visualisasi untuk penanganan permasalahan pengambilan informasi dari database yang besar [15]. *Data mining* memiliki beberapa kelompok berdasarkan tugas yang dapat dilakukan yaitu deskripsi, klasifikasi, estimasi, dan *clustering* [16]. *Data mining* juga mempunyai teknik pembelajaran antara lain *Supervised Learning*, *Unsupervised Learning*, dan *Reinforcement Learning* [17]. Sebagai suatu rangkaian proses, data mining dapat dibagi menjadi beberapa tahap. Tahap-tahap tersebut bersifat interaktif dimana pemakai terlibat langsung atau dengan perantara knowledge base [18]. Tahapan-tahapan tersebut, diantaranya Dataset, *Pre-Processing* dan Pembersihan Data, Model DNN, dan *Pos-processing* data.

2.3 Metode Deep Neural Network (DNN)

Metode DNN adalah sebuah salah satu algoritma Deep Learning berbasis jaringan saraf yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan. Jenis algoritma ini merupakan sebuah struktur algoritma yang berlapis-lapis dengan model sirkuit saraf kranial manusia dan hewan yang dirancang untuk mengenali pola yang disebut neural network (NN) [19]. Metode DNN (Deep Neural Network) menggunakan teknik Supervised Learning yang juga dikenal sebagai "programming by example". Teknik ini melibatkan penggunaan dataset yang telah diberi label dan digunakan untuk melatih algoritma machine learning untuk mengenali pola-pola yang ada di dalamnya. Supervised Learning adalah teknik pelatihan algoritma machine learning menggunakan dataset yang telah diberi label, di mana variabel target yang diinginkan sudah diketahui dan digunakan untuk mengkonfigurasi data. Tujuan dari supervised learning adalah mengevaluasi hubungan antara variabel independen dan variabel dependen pada metodologi, seperti klasifikasi dan regresi [20]. Berikut proses tahapan dalam klasifikasi DNN:

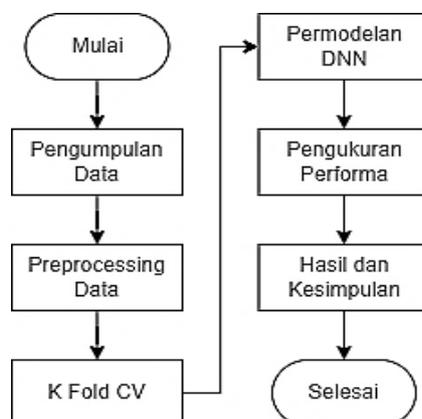
1. Membaca data untuk dimasukkan ke input layer.
2. Inisialisasi jumlah layer didalam hidden layer yang akan digunakan untuk training
3. Inisialisasi awal untuk bias dan bobot pada tiap node.
4. Mendefinisikan fungsi aktivasi ReLU:

$$ReLU : f(x) = \max(0, x) \quad (1)$$

5. Mendefinisikan jumlah epoch dan batch size.
6. Latih jaringan neural network.
7. Mencoba jaringan neural network untuk klasifikasi.
8. Mengevaluasi hasil dari Latihan dan percobaan menggunakan confusion matrix.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini merupakan alur dari penelitian yang akan dilakukan. Pada gambar 1 menjelaskan detail tahap pelaksanaan. Dimulai dengan pengumpulan data yang bersumber dari Puskesmas Mergangsan, kemudian dataset dilakukan preprocessing agar skala dataset atribut satu dengan lainnya seimbang. Selanjutnya dilakukan pembagian data menggunakan k-fold cv, kemudian implementasi metode DNN dengan pengujian data training, tahap akhir yaitu melakukan evaluasi terhadap permodelan untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan. Tahapan penelitian dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

3.1. Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan pada penelitian ini yaitu dataset POSBINDU Puskesmas Mergangsan, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada pengumpulan dataset didapatkan melalui laboratorium puskesmas yang sebelumnya pasien sudah dilakukan pemeriksaan. Dalam dataset ini berisi 1000 baris yang melibatkan pasien pria dan wanita. Dataset ini terdapat 10 atribut yaitu Jenis Kelamin, Merokok, Berat Badan, Tinggi Badan, BMI, Hipertensi, Usia, Aktifitas Fisik, Konsumsi Alkohol dan sebagai klasifikasi yaitu atribut Riwayat PTM terdiri dari kelas terkena dan tidak terkena.

Tabel 1. Data Awal

No.	Jenis Kelamin	Merokok	Berat Badan	Tinggi Badan	IMT
1	Perempuan	Tidak	45	155	19
2	Laki-Laki	Tidak	69	169	24
3	Perempuan	Tidak	34	153	15
4	Perempuan	Tidak	69	158	28
5	Perempuan	Tidak	51	157	21
...
1000	Perempuan	Tidak	72	175	24

Tabel 2. Lanjutan Data Awal Tabel 1

No.	Hipertensi	Usia	Aktivitas Fisik	Konsumsi Alkohol	Riwayat PTM
1	Ya	30-34	Tidak	Tidak	Tidak
2	Tidak	30-34	Tidak	Tidak	Ya
3	Ya	40-44	Tidak	Tidak	Ya
4	Ya	30-34	Tidak	Tidak	Tidak
5	Tidak	50-54	Tidak	Tidak	Tidak
...
1000	Tidak	30-34	Tidak	Tidak	Tidak

3.2. Preprocessing Data

Pada tahap *preprocessing* ini melakukan pemeriksaan dataset dari *Label Encoding*, nilai *null* atau *missing values*, nilai duplikat dan normalisasi. Pada dataset penelitian ini terdapat beberapa jenis tipe data objek. Jenis data objek tersebut tidak bisa dilakukan proses ke tahap selanjutnya. Maka dari itu, dilakukan perubahan ke dalam jenis tipe numerik menggunakan fungsi *LabelEncoder()* pada *library* seperti *sklearn*. Berikut hasil dari penerapan *LabelEncoder()* pada tabel 3 :

Tabel 3. Pemetaan Dataset

No.	Jenis Kelamin	Merokok	Berat Badan	Tinggi Badan	IMT
1	1	0	45	155	19
2	0	0	69	169	24
3	1	0	34	153	15
4	1	0	69	158	28
5	1	0	51	157	21
...
1000	1	0	72	175	24

Tabel 4. Lanjutan Pemetaan Dataset

No.	Hipertensi	Usia	Aktivitas Fisik	Konsumsi Alkohol	Riwayat PTM
1	1	1	0	0	0
2	0	1	0	0	1
3	1	3	0	0	1
4	1	1	0	0	0
5	0	5	0	0	0
...
1000	0	1	0	0	0

Tahap berikutnya adalah melakukan normalisasi dataset menggunakan metode *min-max normalization*. *Min-max normalization* adalah metode normalisasi untuk mengukur performa transformasi linear pada data

asli sehingga menghasilkan nilai perbandingan yang seimbang antara data sebelum dan sesudah proses. Berikut rumus dari *min-max normalization*:

$$X_{new} = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \tag{2}$$

Dengan keterangan:

- X_{new} : Nilai baru dari hasil normalisasi
- X : Nilai lama
- Max (X) : Nilai maksimum dalam dataset
- Min (X) : Nilai minimum dalam dataset

Untuk menemukan hasil X_{new} dari setiap variabel, tahap awal adalah menentukan nilai minimum dan nilai maksimum. Berikut nilai minimum dan maksimum pada setiap variabel pada tabel 5:

Tabel 5. Nilai *Min-Max* Atribut

Atribut	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Jenis Kelamin	0	1
Merokok	0	1
Berat Badan	90	34
Tinggi Badan	190	140
IMT	11	46
Hipertensi	0	1
Usia	0	7
Aktivitas Fisik	0	1
Konsumsi Alkohol	0	1
Riwayat PTM	0	1

Berikut hasil setelah kalkulasi *min-max normalization*:

Tabel 6. Hasil Kalkulasi *Min-Max*

No.	Jenis Kelamin	Merokok	Berat Badan	Tinggi Badan	IMT
1	1	0	0.19642857	0.3	0.22857143
2	0	0	0.625	0.58	0.37142857
3	1	0	0	0.26	0.11428571
4	1	0	0.625	0.36	0.48571429
5	1	0	0.30357143	0.34	0.28571429

Tabel 7. Lanjutan Hasil Kalkulasi *Min-Max*

No.	Hipertensi	Usia	Aktivitas Fisik	Konsumsi Alkohol	Riwayat PTM
1	1	0.14285714	0.5	0	0
2	0	0.14285714	0.5	0	1
3	1	0.42857143	0.5	0	1
4	1	0.14285714	0	0	0
5	1	0.71428571	0.5	0	0

3.3. K-Fold Cross Validation

Pada tahapan berikutnya dataset dibagi menjadi data *training* dan data *testing* menggunakan stratified K-fold cross validation. Nilai K yang digunakan pada penelitian adalah 10, dimana pembagian menjadi 80% pada data training dan 20% pada data testing, atau dalam jumlah 1000 data menjadi 800 pada data *training* dan 200 pada data *testing*. Berikut adalah hasil dari Cross Validation.

Tabel 8. Hasil Akurasi Tiap Fold

Fold Ke-	Akurasi	Train Time	Test Time
1	0,88333	114,31083011627197	0,16909360885620117
2	0,90000	105,42231750488281	0,18498492240905762
3	0,85000	144,62234497070312	0,17879557609558105
4	0,88333	139,2823667526245	0,5632367134094238

Fold Ke-	Akurasi	Train Time	Test Time
5	0,88889	152,3426878452301	0,5843639373779297
6	0,89444	162,4478635787964	0,4622926712036133
7	0,83889	115,89492893218994	0,48441505432128906
8	0,86111	157,06661653518677	0,32413530349731445
9	0,86667	162,48391556739807	0,31109142303466797
10	0,86111	139,19499707221985	0,30817651748657227

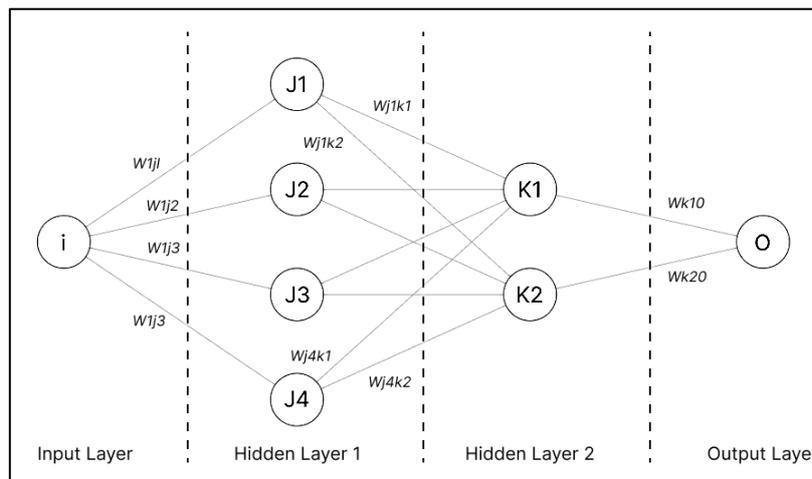
Hasil akurasi pada setiap iterasi mendapatkan hasil yang baik dan tinggi, berkisar 83% hingga 90%. Bisa disimpulkan bahwa model bekerja dengan baik pada setiap iterasi pengujian. Lalu konsistensi model terlihat kuat dengan hasil akurasi dari setiap iterasi tetap konsisten dan tidak ada penurunan akurasi yang jauh.

3.4. Pemodelan Deep Neural Network (DNN)

Algoritma DNN beroperasi melalui serangkaian langkah, termasuk inisialisasi jaringan, propagasi maju, propagasi balik kesalahan, dan pelatihan untuk membuat prediksi. Gambar 2 menggambarkan arsitektur DNN yang kita gunakan untuk masalah tertentu, dengan dua lapisan tersembunyi. Algoritma DNN berjalan melalui serangkaian langkah, termasuk inisialisasi jaringan, propagasi maju, propagasi balik kesalahan, dan pelatihan untuk membuat prediksi.

Dalam fase inisialisasi jaringan, input untuk jaringan ditentukan, bersama dengan fungsi aktivasi. Setiap neuron menjaga bobotnya, dan lapisan input diberikan baris untuk setiap neuron berdasarkan dataset pelatihan. Langkah selanjutnya adalah lapisan tersembunyi, diikuti oleh lapisan *output*, di mana setiap nilai kelas direpresentasikan oleh satu neuron. Untuk masalah klasifikasi biner kita, kita menginisialisasi *input* ke DNN dengan dimensi input sebanyak 1.

Lapisan tersembunyi terdiri dari dua lapisan padat dengan 4 dan 2 neuron masing-masing. Fungsi aktivasi yang digunakan di lapisan output adalah 'sigmoid'. Terakhir, model akan dikompilasi menggunakan '*binary_crossentropy*' sebagai fungsi kerugian dan '*adam*' sebagai algoritma optimasi.



Gambar 2. Arsitektur NN

3.5. Pengukuran Performa

Setelah tahap membangun permodelan menggunakan metode DNN, tahap berikutnya adalah melakukan pengukuran performa menggunakan *confusion matrix*, dilanjutkan dengan evaluasi menggunakan akurasi, presisi, *recall*, dan *f1-score*. Berikut hasil *confusion matrix* pada tabel 9.

Tabel 9. Confusion Matrix

Prediksi	Jumlah
True Positive	84
False Positive	4
False Negative	4
True Negative	78

Evaluasi berikutnya dari hasil *confusion matrix* yaitu berupa nilai rata-rata akurasi, presisi, *recall*, dan *f1-score* pada tabel 10.

Tabel 10. Evaluasi

Parameter	Nilai
Akurasi	0,9000
Presisi	0,8500
Recall	0,9500
F1-score	0,8900

Evaluasi kinerja model ini menghasilkan akurasi sebesar 90%, presisi 85%, recall 95%, dan f1-score 89%. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan metode klasifikasi DNN dapat dijalankan secara efektif dan memberikan performa yang memuaskan.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, melakukan eksperimen menggunakan dataset Puskesmas Mergangsan yang terdiri dari 10 variabel yaitu usia, bmi, jenis kelamin, aktifitas fisik, merokok, hipertensi, konsumsi alkohol, tinggi badan, berat badan dan Riwayat penyakit diabetes dengan mengimplementasikan permodelan klasifikasi DNN. Parameter yang digunakan pada metode DNN adalah *number of layers*, *numbers of neurons*, *activation function*, *learning rate*, *batch size*, *weight*, *optimizer*, *loss function*, *epochs* dan *bias*. Pembagian data training dan data testing pada penelitian ini menggunakan 10 K-Fold CV. Hasil evaluasi pada permodelan ini menggunakan akurasi, presisi, *recall*, dan *f1-score* berturut-turut adalah 90%, 85%, 95% dan 89%. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi metode klasifikasi DNN dapat diimplementasikan dan memberikan hasil evaluasi yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pihak Puskesmas Mergangsan yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian.

REFERENSI

- [1] A. M. Egan and S. F. Dinneen, "What is diabetes?," *Medicine (United Kingdom)*, vol. 47, no. 1. Elsevier Ltd, pp. 1–4, Jan. 01, 2019. doi: 10.1016/j.mpmed.2018.10.002.
- [2] M. A. Hi Djafar, R. Tuharea, D. Program Studi Kesehatan Masyarakat UMMU Ternate, and K. Penulis, "Risk of Complication Symptoms of Diabetes Mellitus Tipe II in the UPTD Diabetes Center Ternate City The Indonesian Journal of Health Promotion Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia Risiko Gejala Komplikasi Diabetes Mellitus Tipe II di UPTD Diabetes Center Kota Ternate," vol. 4, no. 1, 2021.
- [3] "IDF Diabetes Atlas 10th edition." [Online]. Available: www.diabetesatlas.org
- [4] "A M E R I C A N D I A B E T E S A S S O C I A T I O N STANDARDS OF MEDICAL CARE IN DIABETES-2018," 2017, [Online]. Available: www.copyright.com
- [5] A. Azzahra Utomo *et al.*, "FAKTOR RISIKO DIABETES MELLITUS TIPE 2: A SYSTEMATIC REVIEW." [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/AN-NUR>
- [6] B. M. K. P, S. P. R, N. R K, and A. K, "Type 2: Diabetes mellitus prediction using Deep Neural Networks classifier," *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, vol. 1, pp. 55–61, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.ijcce.2020.10.002.
- [7] T. Beghriche, M. Djerioui, Y. Brik, B. Attallah, and S. B. Belhaouari, "An Efficient Prediction System for Diabetes Disease Based on Deep Neural Network," *Complexity*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/6053824.
- [8] O. Daanouni, B. Cherradi, and A. Tmiri, "Predicting diabetes diseases using mixed data and supervised machine learning algorithms," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Oct. 2019. doi: 10.1145/3368756.3369072.
- [9] K. Kannadasan, D. R. Edla, and V. Kuppili, "Type 2 diabetes data classification using stacked autoencoders in deep neural networks," *Clin Epidemiol Glob Health*, vol. 7, no. 4, pp. 530–535, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.cegh.2018.12.004.
- [10] P. Nagaraj and P. Deepalakshmi, "Diabetes prediction using enhanced SVM and deep neural network learning techniques: An algorithmic approach for early screening of diabetes," *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, vol. 16, no. 4, pp. 1–20, Oct. 2021, doi: 10.4018/IJHISI.20211001.0a25.
- [11] H. Zhou, R. Myrzashova, and R. Zheng, "Diabetes prediction model based on an enhanced deep neural network," *EURASIP J Wirel Commun Netw*, vol. 2020, no. 1, Dec. 2020, doi: 10.1186/s13638-020-01765-7.

-
- [12] M. Raheem, "Deep Neural Network to Predict Diabetes A Data Science Approach," *The International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, vol. 9, no. 6, pp. 1–5, Mar. 2021, doi: 10.35940/ijrte.E5255.039621.
- [13] M. Ragab, A. S. A. M. Al-Ghamdi, B. Fakieh, H. Choudhry, R. F. Mansour, and D. Koundal, "Prediction of Diabetes through Retinal Images Using Deep Neural Network," *Comput Intell Neurosci*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/7887908.
- [14] R. Tri Vулandari, *DATA MINING: Teori dan Aplikasi Rapidminer*. Yogyakarta: PENERBIT GAVA MEDIA, 2017.
- [15] D. P. Utomo and M. Mesran, "Analisis Komparasi Metode Klasifikasi Data Mining dan Reduksi Atribut Pada Data Set Penyakit Jantung," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 4, no. 2, p. 437, Apr. 2020, doi: 10.30865/mib.v4i2.2080.
- [16] Suyanto, *DATA MINING: Untuk Klasifikasi dan Klusterisasi Data*. Bandung: Informatika Bandung, 2017.
- [17] W. Budiharto, *Machine Learning & Computational Intelligence*. Yogyakarta: C. V ANDI OFFSET, 2016.
- [18] B. Gunawan Sudarsono, M. Ignatius Leo, A. Santoso, and F. Hendrawan, "ANALYSIS DATA MINING NETFLIX DATA USING THE RAPID MINER APPLICATION," *Journal of Business and Audit Information Systems*, vol. 4, pp. 13–21, 2021.
- [19] K. Yun, A. Huyen, and T. Lu, "DEEP NEURAL NETWORKS FOR PATTERN RECOGNITION."
- [20] N. R. Dzakiyullah, A. Pramuntadi, and A. K. Fauziyyah, "Semi-Supervised Classification on Credit Card Fraud Detection using AutoEncoders," *Journal of Applied Data Sciences*, vol. 2, no. 1, pp. 1–07, 2021.