

**IMPLEMENTASI METODE *MACHINE LEARNING* MENGGUNAKAN  
ALGORITMA *EVOLVING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* PADA  
KASUS PREDIKSI DIAGNOSIS DIABETES**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer  
Program Studi Ilmu Komputer



Oleh

Resky Ramadhani Santoso

NIM 1607479

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2020**

**IMPLEMENTASI METODE *MACHINE LEARNING* MENGGUNAKAN  
ALGORITMA *EVOLVING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* PADA  
KASUS PREDIKSI DIAGNOSIS DIABETES**

Oleh  
Resky Ramadhandi Santoso  
1607479

Skripsi yang diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Komputer di Fakultas Pendidikan Matematika dan  
Ilmu Pengetahuan Alam

© Resky Ramadhandi Santoso 2020  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2020

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang Skripsi ini tidak boleh diperbanyak  
seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya  
tanpa izin dari penulis

**RESKY RAMADHANDI SANTOSO**

**1607479**

**IMPLEMENTASI METODE *MACHINE LEARNING* MENGGUNAKAN  
ALGORITMA *EVOLVING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* PADA  
KASUS PREDIKSI DIAGNOSIS DIABETES**

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH PEMBIMBING:

Pembimbing I,



**Dr. Rani Megasari, M.T.**

NIP. 198705242014042002

Pembimbing II,

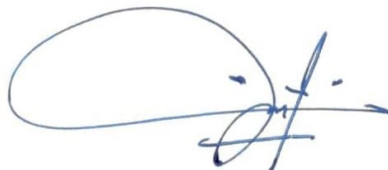


**Yudi Ahmad Hambali, M.T.**

NIP. 199005302019031013

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer



**Dr. Lala Septem Riza, M.T.**

NIP. 197809262008121001

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Implementasi Metode *Machine Learning* Menggunakan Algoritma *Evolving Artificial Neural Network* Pada Kasus Prediksi Diagnosis Diabetes” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya penulis sendiri. Penulis tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, penulis siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya penulis ini.

Bandung, Agustus 2020

Yang Membuat Pernyataan



Resky Ramadhani Santoso

NIM 1607479

# IMPLEMENTASI METODE *MACHINE LEARNING* MENGGUNAKAN ALGORITMA *EVOLVING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* PADA KASUS PREDIKSI DIAGNOSIS DIABETES

Oleh

Resky Ramadhani Santoso | reskyramadhani@gmail.com

1607479

## ABSTRAK

Diabetes Melitus merupakan salah satu masalah dalam dunia kesehatan yang dapat menyerang siapa saja, mulai dari anak-anak, remaja, hingga orang dewasa. Oleh karena itu, diabetes merupakan salah satu penyakit tidak menular yang saat ini telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan global. Sejak tahun 1980, jumlah penderita diabetes di seluruh dunia telah meningkat hampir dua kali lipat dari 4,7% menjadi 8,5% dari total populasi. International Diabetes Federation (IDF) bahkan memperkirakan jumlah penderita diabetes di seluruh dunia akan mencapai 700 juta orang pada tahun 2045. Sebagai respons dari kondisi tersebut, penelitian ini akan membuat prediksi diagnosis untuk penyakit diabetes menggunakan salah satu algoritma dari metode *machine learning* yaitu *artificial neural network*. Namun terdapat suatu permasalahan utama dalam algoritma ini yaitu dalam hal penentuan arsitektur yang tepat. Permasalahan ini dapat dipandang sebagai permasalahan optimasi, dimana terdapat banyak sekali kemungkinan arsitektur yang bisa terjadi. Maka dari itu, untuk melakukan pencarian terhadap arsitektur yang tepat agar dapat meningkatkan akurasi dari prediksi akan ada tahapan untuk menggunakan algoritma evolusi. Karena algoritma ini sangat cocok untuk diterapkan pada kasus optimasi. Sehingga dalam penelitian ini akan diimplementasikan algoritma *Evolving Artificial Neural Network* (EANN) untuk memprediksi diagnosis pasien. Dengan harapan penelitian ini dapat menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dalam memprediksi diagnosis pasien dalam hal penyakit diabetes. Set data yang digunakan adalah Pima Indian Diabetes dari UCI *Machine Learning Repository*. Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, model terbaik yang dihasilkan memiliki akurasi sebesar 83,55%. Artinya algoritma yang digunakan cukup berhasil dalam melakukan prediksi terhadap diagnosis penyakit diabetes.

Kata Kunci: *Diabetes Melitus*, *Machine Learning*, *Evolving Artificial Neural Network*, Klasifikasi

**IMPLEMENTATION OF MACHINE LEARNING METHOD USING  
EVOLVING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK ALGORITHM IN  
DIABETES DIAGNOSIS PREDICTION CASE**

*Arranged by*

Resky Ramadhani Santoso | reskyramadhani@gmail.com

1607479

**ABSTRACT**

*Diabetes mellitus is a global health problem that can affect anyone, from children, adolescents, to adults. Therefore, diabetes is one of the non-communicable diseases that has become a serious threat to global health. Since 1980, the number of diabetics worldwide has nearly doubled from 4.7% to 8.5% of the total population. The International Diabetes Federation (IDF) even estimates that the number of diabetes sufferers worldwide will reach 700 million people by 2045. In response to this condition, this study predicts diabetes diagnosis using machine learning algorithms, artificial neural network. However, there is a major problem with this algorithm, namely in determining the correct architecture. This problem can be viewed as an optimization problem, where many architectural possibilities that can occur. Therefore, to search for the right architecture to increase the accuracy of the predictions, there will be stages to use the evolution algorithm. Because this algorithm is very suitable to be applied in an optimization case. This study implements Evolving Artificial Neural Network (EANN) algorithm to predict the patient's diagnosis. It is with the hope that this study can produce higher accuracy in predicting patient diagnosis in diabetes. The data set used was Pima Indian Diabetes from the UCI Machine Learning Repository. Based on the experiments that have been carried out, the best model produced has an accuracy of 83.55%. This means that the algorithm used is quite successful in predicting diabetes diagnosis.*

*Keywords: Diabetes Melitus, Machine Learning, Evolving Artificial Neural Network, Classification*

## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul “Implementasi Metode Machine Learning Menggunakan Algoritma Evolving Artificial Neural Network Pada Kasus Prediksi Diagnosis Diabetes” dengan sebaik-baiknya.

Penyusunan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi dan melengkapi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana komputer jenjang studi S1 pada Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan yang perlu disempurnakan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran maupun kritik yang membangun agar tidak terjadi kesalahan yang sama dikemudian hari dan dapat meningkatkan kualitas ke tahap lebih baik.

Bandung, Agustus 2020

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT Yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dalam proses menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini, peneliti banyak mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya, kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Papah Santoso dan Mamah Sufinah, serta abang Aldhika Fisky Santoso yang selalu memberikan doa dan segala dukungannya serta juga selalu menjadi penyemangat utama dalam menempuh pendidikan tinggi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Rani Megasari, M.T., selaku dosen pembimbing I dan ketua Program Studi Ilmu Komputer atas segala waktu yang dicurahkan untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Yudi Ahmad Hambali, M.T., selaku dosen pembimbing II atas segala bimbingan, saran, dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Lala Septem Riza, M.T., selaku ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer yang sangat menginspirasi dan memotivasi minat dari penulis, serta turut membimbing penulis pada masa penyusunan proposal skripsi.
5. Bapak Prof. Dr. Munir, M.IT., selaku dosen Pembimbing Akademik dan demisioner ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer yang telah memberikan arahan dan bimbingan di masa awal perkuliahan, walaupun beliau harus digantikan oleh dosen pembimbing akademik lain pada pertengahan masa akademik.
6. Bapak Drs. Heri Sutarno, M.T., selaku dosen pembimbing akademik pengganti yang selalu memberikan informasi dan membimbing hingga terselesaikannya skripsi ini.



7. Bapak Eddy Prasetyo Nugroho, M.T., selaku demisioner ketua Program Studi Ilmu Komputer yang telah memberikan banyak pelajaran dan juga memberikan kesempatan kepada penulis untuk menjadi Asisten Praktikum pada mata kuliah Rekayasa Perangkat Lunak.
8. Bapak Harsa Wara Prabawa, S.Si., M.Pd., selaku pembimbing kegiatan DINAMIK 13 yang selalu menyempatkan waktunya untuk menjadi tempat berdiskusi serta memberikan banyak sekali saran dan motivasi kepada penulis.
9. Seluruh dosen Departemen Pendidikan Ilmu Komputer yang telah berbagi banyak sekali ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.
10. Rahma Sri Handayani yang selalu mendoakan dan memberikan dorongan serta dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan fokus dan tepat waktu.
11. Sahabat satu rumah kontrakan di Bandung, Bambang Subarna, Galang Prasadana, Hitnes Muharram, Rifqi Tryananda Rulliandi, dan Wanda Yudha Pratama yang senantiasa menjadi tempat berdiskusi dan memberikan dukungan serta semangat selama masa perkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
12. Rekan-rekan angkatan 2016 yang telah berjuang bersama-sama selama masa perkuliahan.
13. Seluruh keluarga, kerabat, dan sahabat yang terus memberikan doa demi kelancaran seluruh proses penyusunan skripsi ini.
14. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang mohon maaf tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga semua amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang berlipat dari Allah SWT. Aamiin.

Bandung, Agustus 2020

Resky Ramadhani Santoso

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Landasan Teori .....	9
2.2.1 <i>Machine Learning</i> .....	9
2.2.2 Algoritma Evolusi .....	14
2.2.3 <i>Artificial Neural Network (ANN)</i> .....	17
2.2.4 <i>Evolving Artificial Neural Network (EANN)</i> .....	26
2.2.5 <i>Data Preprocessing</i> .....	27
2.2.6 Diabetes Melitus .....	30
2.2.7 Python .....	31

2.2.8	Metode <i>Waterfall</i> .....	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		40
3.1	Desain Penelitian .....	40
3.1.1	Perumusan Masalah .....	41
3.1.2	Studi Literatur .....	41
3.1.3	Pengumpulan Set Data .....	41
3.1.4	Data Preprocessing.....	41
3.1.5	Perancangan Algoritma.....	42
3.1.6	Analisis dan Kesimpulan.....	43
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	43
3.2.1	Alat Penelitian.....	43
3.2.2	Bahan Penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		45
4.1	Pengumpulan Data .....	45
4.2	Pengunduhan Data.....	45
4.3	<i>Data Preprocessing</i> .....	46
4.3.1	<i>Data Cleaning</i> .....	47
4.3.2	<i>Data Transformation</i> .....	63
4.3.3	<i>Data Splitting</i> .....	64
4.4	Perancangan Algoritma <i>Evolving Artificial Neural Network</i> .....	65
4.4.1	Perancangan <i>Artificial Neural Network</i> .....	65
4.4.2	Perancangan Algoritma Evolusi.....	82
4.4.3	Pelatihan Algoritma <i>Evolving Artificial Neural Network</i> .....	93
4.5	Rancangan Skenario Eksperimen.....	96
4.6	Hasil.....	98
4.6.1	Hasil pada Set Data dengan Tahapan <i>Preprocessing</i> .....	98

4.6.2	Hasil pada Set Data tanpa tahapan <i>Preprocessing</i> .....	103
4.6.3	Hasil Pelatihan dengan Menggunakan <i>Software Library</i> .....	105
4.7	Pembahasan .....	106
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		110
5.1	Kesimpulan.....	110
5.2	Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA .....		112

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Deskripsi kolom pada set data Pima Indian Diabetes .....	5
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	9
Tabel 2.2 Macam-macam fungsi aktivasi (Aggarwal, 2018).....	22
Tabel 2.3 Kriteria Diagnostik Diabetes Melitus (Soelistijo dkk., 2015).....	30
Tabel 4.1 Sampel Data Pima Indian Diabetes.....	45
Tabel 4.2 Pratinjau data seluruh <i>features</i> sebelum ditransformasi .....	64
Tabel 4.3 Pratinjau data seluruh <i>features</i> setelah ditransformasi.....	64
Tabel 4.4 Variabel inisiasi proses pelatihan dan pengujian .....	93
Tabel 4.5 Skenario parameter yang digunakan pada eksperimen dengan algoritma <i>Evolving Artificial Neural Network</i> .....	97
Tabel 4.6 <i>Output</i> dari proses training algoritma <i>Evolving Artificial Neural Network</i> .....	100
Tabel 4.7 Rangkuman <i>output</i> dari algoritma <i>evolving artificial neural network</i>	102
Tabel 4.8 Parameter yang digunakan pada rangkuman <i>output</i> dari algoritma <i>evolving artificial neural network</i> .....	103
Tabel 4.9 <i>Output</i> dari proses <i>training</i> dengan algoritma <i>evolving artificial neural network</i> menggunakan set data asli.....	104
Tabel 4.10 <i>Output</i> algoritma <i>artificial neural network</i> dengan <i>library</i> scikit-learn .....	105
Tabel 4.11 <i>Output</i> algoritma <i>artificial neural network</i> dengan <i>library</i> keras.....	106
Tabel 4.12 Perbandingan akurasi pada seluruh algoritma .....	109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Literatur .....	8
Gambar 2.2 Alur Kerja <i>Machine Learning</i> (Loy, 2019).....	10
Gambar 2.3 Proses pada algoritma <i>Supervised Learning</i> (Kotsiantis, 2007) .....	12
Gambar 2.4 Arsitektur Proses <i>Reinforcement Learning</i> (Joshi, 2020) .....	14
Gambar 2.5 Tahapan pada Algoritma Evolusi (Xu dkk., 2013) .....	15
Gambar 2.6 Susunan Syaraf Manusia .....	18
Gambar 2.7 Arsitektur <i>Artificial Neural Network</i> (Shanmuganathan & Samarasinghe, 2016).....	18
Gambar 2.8 Ilustrasi sebuah <i>neuron</i> dalam <i>neural network</i> (Zhou, 2019) .....	21
Gambar 2.9 Berbagai macam fungsi aktivasi (Aggarwal, 2018). .....	22
Gambar 2.10 Bentuk dari <i>Confusion Matrix</i> (Loy, 2019).....	25
Gambar 2.11 Kerangka kerja umum algoritma EANN (Yao, 1999) .....	27
Gambar 2.12 Logo Bahasa Pemrograman Python .....	31
Gambar 2.13 Logo <i>Library</i> Numpy.....	32
Gambar 2.14 Integrasi NumPy dengan berbagai <i>library</i> (NumPy, 2020). .....	33
Gambar 2.15 Logo <i>Library</i> Pandas.....	34
Gambar 2.16 Logo <i>library</i> Matplotlib .....	35
Gambar 2.17 Contoh plot dari Matplotlib (Matplotlib, 2020). .....	35
Gambar 2.18 Logo Anaconda .....	36
Gambar 2.19 Model <i>Waterfall</i> (Sommerville, 2011).....	38
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	40
Gambar 4.1 Halaman untuk mengunduh data Pima Indian Diabetes .....	46

Gambar 4.2 Pratinjau file diabetes.csv.....	46
Gambar 4.3 Pratinjau data set penelitian.....	47
Gambar 4.4 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>Pregnancies</i> sebelum penghapusan <i>outliers</i> .....	48
Gambar 4.5 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>Pregnancies</i> setelah penghapusan <i>outliers</i> .....	49
Gambar 4.6 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>Glucose</i> sebelum penghapusan <i>outliers</i> .....	50
Gambar 4.7 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>Glucose</i> setelah penghapusan <i>outliers</i> .....	51
Gambar 4.8 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>BloodPressure</i> sebelum penghapusan <i>outliers</i> .....	52
Gambar 4.9 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>BloodPressure</i> setelah penghapusan <i>outliers</i> .....	54
Gambar 4.10 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>SkinThickness</i> sebelum penghapusan <i>outliers</i> .....	55
Gambar 4.11 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>SkinThickness</i> sebelum penghapusan <i>outliers</i> .....	56
Gambar 4.12 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>Insulin</i> sebelum penghapusan <i>outliers</i> .....	57
Gambar 4.13 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>Insulin</i> setelah penghapusan <i>outliers</i> .....	58
Gambar 4.14 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>BMI</i> sebelum penghapusan <i>outliers</i> .....	59
Gambar 4.15 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>BMI</i> sesudah penghapusan <i>outliers</i> .....	60

Gambar 4.16 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>DiabetesPedigreeFunction</i> sebelum penghapusan <i>outliers</i> .....	61
Gambar 4.17 Diagram Distribusi dan <i>Boxplot</i> kolom <i>Age</i> sebelum penghapusan <i>outliers</i> .....	62
Gambar 4.18 Ilustrasi <i>weight</i> dalam bentuk matriks.....	86
Gambar 4.19 Ilustrasi crossover <i>weight</i> dalam bentuk <i>ndarray</i> serta posisi CP...	87
Gambar 4.20 Model Arsitektur dari Hasil dengan Akurasi Terbaik.....	98
Gambar 4.21 <i>Output</i> model terbaik dari proses pelatihan.....	102
Gambar 4.22 Peningkatan waktu eksekusi pada algoritma <i>evolving artificial neural network</i> .....	107
Gambar 4.23 Perbandingan <i>nGeneration</i> dengan waktu eksekusi.....	107
Gambar 4.24 Perbandingan <i>nPopulation</i> dan <i>mutationRate</i> dengan waktu eksekusi .....	108
Gambar 4.25 Perbandingan akurasi antar algoritma.....	109



## DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, C. C. (2018). *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94463-0>
- Al-Shayea, Q. K. (2011). Artificial Neural Networks in Medical Diagnosis. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 8(2), 150–154.
- Amalia, H. (2015). Optimasi Neural Network Menggunakan Genetic Algorithm Untuk Prediksi Penyakit Diabetes. *PARADIGMA*, XVII(2), 69–78.
- Anaconda. (2020). Anaconda Individual Edition. Diambil 25 Mei 2020, dari Anaconda Documentation website: <https://docs.anaconda.com/anaconda/>
- Andriani, A. (2013). Sistem Prediksi Penyakit Diabetes Berbasis Decision Tree. *Jurnal Bianglala Informatika*, I(1), 1–10. <https://doi.org/10.31294/bi.v1i1.554>
- Biro Komunikasi dan Pelayanan Masyarakat Kementerian Kesehatan RI. (2018, Desember 10). CEGAH, CEGAH, dan CEGAH: Suara Dunia Perangi Diabetes. Diakses 6 Desember 2019, dari Kementerian Kesehatan RI website: <https://www.depkes.go.id/article/view/18121200001/prevent-prevent-and-prevent-the-voice-of-the-world-fight-diabetes.html>
- Diwani, S. A., & Sam, A. (2014). Diabetes Forecasting Using Supervised Learning Techniques. *Advances in Computer Science: An International Journal (ACSIJ)*, 3(5), 10–18.
- Fatimah, R. N. (2015). Diabetes Melitus Tipe 2. *Medical Journal of Lampung University (MAJORITY)*, 4(5), 93–101.

- Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications*. Prentice-Hall.
- Handayanna, F., Arisawati, E., & Dewi, L. S. (2017). Prediksi Penyakit Diabetes Menggunakan Naive Bayes Dengan Optimasi Parameter Menggunakan Algoritma Genetika. *Konferensi Nasional Ilmu Sosial & Teknologi (KNiST), 1*, 71–76. Bandung: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) BSI Bandung.
- Hendri, A., Arkeman, Y., & Djatna, T. (2010). *Penerapan Backpropagation Neural Network Untuk Peramalan Penjualan Produk Susu* (Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor). Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor. Diakses dari <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/61563>
- Joshi, A. V. (2020). *Machine Learning and Artificial Intelligence*. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26622-6>
- Karegowda, A. G., Jayaram, M. A., & Manjunath, A. S. (2012). Cascading K-means Clustering and K-Nearest Neighbor Classifier for Categorization of Diabetic Patients. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 1*(3), 5.
- Karuranga, S., Fernandes, J. da R., Huang, Y., & Malanda, B. (Ed.). (2017). *IDF Diabetes Atlas Eighth edition 2017* (8 ed.). International Diabetes Federation (IDF). Diakses dari [https://www.diabetesatlas.org/upload/resources/previous/files/8/IDF\\_DA\\_8e-EN-final.pdf](https://www.diabetesatlas.org/upload/resources/previous/files/8/IDF_DA_8e-EN-final.pdf)

- Kavakiotis, I., Tsave, O., Salifoglou, A., Maglaveras, N., Vlahavas, I., & Chouvarda, I. (2017). Machine Learning and Data Mining Methods in Diabetes Research. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 15, 104–116. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2016.12.005>
- Kompas.com. (2012, November 7). *Diagnosis Terlambat Jadi Masalah Utama*. Diakses 26 Juni 2020, dari <https://sains.kompas.com/read/2012/11/07/0558014/diagnosis terlambat jadi masalah utama>
- Kotsiantis, S. (2007). Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques. *Informatica: An International Journal of Computing and Informatics*, 31, 249–268.
- Kumari, V. A., & Chitra, R. (2013). Classification Of Diabetes Disease Using Support Vector Machine. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3(2), 1797–1801.
- Lesmana, I. P. D. (2012). Pengembangan Decision Tree J48 Untuk Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2012 (SEMANTIK)*, 5. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro. Diakses dari <http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/semantik/article/view/115/0>
- Loy, J. (2019). *Neural network projects with Python: The ultimate guide to using Python to explore the true power of neural networks through six projects*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Madhavan, S., Sturdevant, M., & Kienzler, R. (2019, Desember 4). Introduction to machine learning: Understanding the basic concepts. Diakses 23 Juli 2020,

- dari IBM Developer website:  
<https://developer.ibm.com/articles/introduction-to-machine-learning/>
- Magudeeswaran, G. (2013). Forecast of Diabetes using Modified Radial basis Functional Neural Networks. *International Journal of Computer Applications (IJCA)*, 35–39. Diakses dari <https://www.ijcaonline.org/proceedings/icrtct/number2/10814-1027>
- Mahmudy, W. F. (2015). *Algoritma Evolusi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Malanda, B., Karuranga, S., Saeedi, P., & Salpea, P. (Ed.). (2019). *IDF Diabetes Atlas Ninth edition 2019* (9 ed.). International Diabetes Federation (IDF). Diakses dari [https://www.diabetesatlas.org/upload/resources/2019/IDF\\_Atlas\\_9th\\_Edition\\_2019.pdf](https://www.diabetesatlas.org/upload/resources/2019/IDF_Atlas_9th_Edition_2019.pdf)
- Matplotlib. (2020). Sample plots in Matplotlib. Diambil 27 Mei 2020, dari Matplotlib Documentation website: [https://matplotlib.org/tutorials/introductory/sample\\_plots.html](https://matplotlib.org/tutorials/introductory/sample_plots.html)
- McKinney, W. (2017). *Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython* (2 ed.). O'Reilly Media, Inc.
- Nilsson, N. J. (1998). *Introduction to Machine Learning*. Stanford University.
- NumPy. (2020). NumPy Official Website. Diambil 27 Mei 2020, dari Numpy Official Website website: <https://numpy.org/>
- Pangaribuan, J. J. (2016). Mendiagnosis Penyakit Diabetes Melitus Dengan Menggunakan Metode Extreme Machine Learning. *Information System Development (ISD)*, 1(2), 32–40.

- Pratomo, S., Dayawati, R. N., & Suyanto. (2009). *Implementasi Metode Time Series Menggunakan Algoritma Evolving Artificial Neural Network Pada Kasus Peramalan Saham Implementation Of Time Series Method Using Evolving Artificial Neural Network In Stock Forecasting* (Skripsi, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom). Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom, Bandung. Diakses dari <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/94561/implementasi-metode-time-series-menggunakan-algoritma-evolving-artificial-neural-network-pada-kasus-peramalan-saham-implementation-of-time-series-method-using-evolving-artificial-neural-network-in-stock-forecasting.html>
- Python Software Foundation. (2001a). History of the software. Diambil 27 Mei 2020, dari Python Reference Manual website: <https://docs.python.org/2.0/ref/node92.html>
- Python Software Foundation. (2020b). The Python Tutorial. Diambil 27 Mei 2020, dari Python Documentation website: <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>
- Roche, M. M., & Wang, P. P. (2014). Factors associated with a diabetes diagnosis and late diabetes diagnosis for males and females. *Journal of Clinical & Translational Endocrinology*, 1(3), 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.jcte.2014.07.002>
- Setiadi, A. (2012). Penerapan Algoritma Multilayer Perceptron Untuk Deteksi Dini Penyakit Diabetes. *Paradigma - Jurnal Komputer dan Informatika*, 14(1), 46–59. <https://doi.org/10.31294/p.v14i1.3378>

- Shanmuganathan, S., & Samarasinghe, S. (Ed.). (2016). *Artificial Neural Network Modelling*. Cham: Springer International Publishing.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-28495-8>
- Soelistijo, S. A., Novida, H., Rudijanto, A., Soewondo, P., Suastika, K., Manaf, A., ... Zufry, H. (2015). *Konsensus Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Di Indonesia*. Pengurus Besar Perkumpulan Endokrinologi Indonesia (PB PERKENI). Diakses dari <https://pbperkeni.or.id/wp-content/uploads/2019/01/4.-Konsensus-Pengelolaan-dan-Pencegahan-Diabetes-melitus-tipe-2-di-Indonesia-PERKENI-2015.pdf>
- Sommerville, I. (2011). *Software engineering* (9th ed). Boston: Pearson.
- Suprpto, A., Irianto, J., Tjandrarini, D. H., & Bowo, B. A. (2018). *Riset Kesehatan Dasar*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI. Diakses dari [https://dinkes.acehprov.go.id/uploads/Lap.\\_Riskasdas\\_2018\\_.pdf](https://dinkes.acehprov.go.id/uploads/Lap._Riskasdas_2018_.pdf)
- Triajianto, J., Purwananto, Y., & Hakim, J. A. R. (2013). Implementasi Sistem Klasifikasi Fuzzy Berbasis Optimasi Koloni Semut untuk Diagnosa Penyakit Diabetes. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), A99–A104.  
<http://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v2i1.2734>
- Trisnawati, S. K., & Setyorogo, S. (2013). Faktor Risiko Kejadian Diabetes Melitus Tipe II Di Puskesmas Kecamatan Cengkareng Jakarta Barat Tahun 2012. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 5(1), 6–11.
- Tu, J. V. (1996). Advantages and disadvantages of using artificial neural networks versus logistic regression for predicting medical outcomes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 49(11), 1225–1231. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(96\)00002-9](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(96)00002-9)

- Wahyuni, D. T., Sutojo, T., & Luthfiarta, A. (2014). *Prediksi Hasil Pemilu Legislatif DKI Jakarta Menggunakan Naïve Bayes dengan Algoritma Genetika Sebagai Fitur Seleksi* (Skripsi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro). Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang. Diakses dari <http://eprints.dinus.ac.id/13108/>
- Weidman, S. (2019). *Deep Learning From Scratch* (1 ed.). O'Reilly Media, Inc.
- World Health Organization. (2016). *Diabetes: Fakta dan Angka di Indonesia*. Diakses dari <http://www.searo.who.int/indonesia/topics/8-whd2016-diabetes-facts-and-numbers-indonesian.pdf>
- World Health Organization. (2018). *The Top 10 Causes of Death*. World Health Organization (WHO). Diakses dari World Health Organization (WHO) website: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Xu, B., Lin, H., Waghlikar, K. B., Yang, Z., & Liu, H. (2013). Identifying protein complexes with fuzzy machine learning model. *Proteome Science*, 11(Suppl 1), S21. <https://doi.org/10.1186/1477-5956-11-S1-S21>
- Yao, X. (1999). Evolving Artificial Neural Networks. *Proceedings of the IEEE*, 87(9), 1423–1447. <https://doi.org/10.1109/5.784219>
- Zhou, V. (2019, Juli 24). Machine Learning for Beginners: An Introduction to Neural Networks. Diakses dari <https://victorzhou.com/blog/intro-to-neural-networks/>