

INSTITUT TEKNOLOGI DEL

**PERBANDINGAN ALGORITMA SUPPORT VECTOR REGRESSION DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DALAM PREDIKSI JUMLAH PENDAFTAR CALON MAHASISWA BARU**

**(STUDI KASUS : INSTITUT TEKNOLOGI DEL)**DOKUMEN TUGAS AKHIRHOTMANGASI MANURUNG

11S19034 AGNES BERTUA NABABAN

11S19061FAKULTAS INFORMATIKA DAN TEKNIK ELEKTROPROGRAM SARJANA INFORMATIKALAGUBOTIAGUSTUS 2023



**INSTITUT TEKNOLOGI DEL**

**PERBANDINGAN ALGORITMA SUPPORT VECTOR REGRESSION DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DALAM PREDIKSI JUMLAH PENDAFTAR CALON MAHASISWA BARU**

**(STUDI KASUS : INSTITUT TEKNOLOGI DEL)**

**DOKUMEN TUGAS AKHIR**

**Disampaikan Sebagai Bagian dari Persyaratan Kelulusan Sarjana**

**Program Studi Sarjana Informatika**

|  |  |
| --- | --- |
| **11S19034** | **HOTMANGASI MANURUNG** |
| **11S19061** | **AGNES BERTUA NABABAN** |

**FAKULTAS INFORMATIKA DAN TEKNIK ELEKTRO**

**SARJANA INFORMATIKA**

**LAGUBOTI**

**AGUSTUS 2023**

# HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya kami sendiri, dan semua sumber baik yang

dikutip maupun dirujuk telah penulis nyatakan dengan benar.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama | : | Hotmangasi Manurung |
| NIM | : | 11S19034 |
| Tanda Tangan | : |  |
| Tanggal | : | 14 Agustus 2023 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama | : | Agnes Bertua Nababan |
| NIM | : | 11S19061 |
| Tanda Tangan | : |  |
| Tanggal | : | 14 Agustus 2023 |

# HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. | Nama | : | Hotmangasi Manurung |
|  | NIM | : | 11S19034 |
|  | Program Studi | : | Sarjana Informatika |
| 2. | Nama | : | Agnes Bertua Nababan |
|  | NIM | : | 11S19061 |
|  | Program Studi | : | Sarjana Informatika |
| Judul Tugas Akhir | | : | Perbandingan Algoritma *Support Vector Regression* dan *Artificial Neural Network* dalam Prediksi Jumlah Pendaftar Calon Mahasiswa Baru (Studi Kasus : Institut Teknologi Del) |

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Informatika, pada Program Studi Sarjana Informatika, Fakultas Informatika dan Teknik Elektro, Institut Teknologi Del.**

**Dewan Penguji**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Pembimbing 1 | : | Arie Satia Dharma, S.T., M.Kom. | ( ) |
| Pembimbing 2 | : | Herimanto Pardede, S.Kom., M.Kom. | ( ) |
| Penguji 1 | : | Nenni Mona Aruan, S.Pd., M.Si. | ( ) |
| Penguji 2 | : | Dr. Arlinta C. Barus, ST., M.InfoTech. | ( ) |

Ditetapkan di : Laguboti

Tanggal : 14 Juli 2023

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan dokumen tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Informatika Fakultas Informatika dan Teknik Elektro Institut Teknologi Del.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyususnan Dokumen tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terma kasih kepada :

1. Bapak Arie Satia Dharma, S.T., M.Kom. dan bapak Herimanto Pardede, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dan membimbing penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini;
2. Ibu Dr. Arlinta C. Barus, ST., M. InfoTech. dan ibu Neni Mona Aruan, S.Pd., M.Si. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran, masukan dan kritik yang membangun selama pengerjaan Tugas Akhir;
3. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan bantuan, dukungan material, moral, dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
4. Teman, sahabat, serta rekan seperjuangan S1 Informatika 2019 yang telah banyak membantu dan mendukung penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini;
5. Teman dan keluarga cantik Institut Teknologi Del yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
6. Teman dan sahabat yang berada di luar lingkungan Institut Teknologi Del yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang ikut berpartisipasi dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan mohon maaf apabila masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Laguboti, \_\_\_ Juli 2023

Penulis

# HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

**DOKUMEN TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Institut Teknologi Del, kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Hotmangasi Manurung

NIM : 11S19034

Program Studi : Sarjana Informatika

1. Nama : Agnes Bertua Nababan

NIM : 11S19061

Program Studi : Sarjana Informatika

Fakultas : Informatika dan Teknik Elektro

Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi Del Hak Bebas Royalti Nonekslusif (*Non-exlusive* *Royalty-Free-Right*) atas karya ilmiah kami yang berjudul :

**Perbandingan Algoritma *Support Vector Regression* dan *Artificial Neural Network* dalam Prediksi Jumlah Pendaftar Calon Mahasiswa Baru (Studi Kasus : Institut Teknologi Del)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Nonekslusif ini Institut Teknologi Del berhak menyimpan, mengalih/media-format dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir kami selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Laguboti

Pada tanggal : 14 Agustus 2023

Yang menyatakan

(Hotmangasi Manurung) (Agnes Bertua Nababan)

# ABSTRAK

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama | : | Hotmangasi Manurung  Agnes Bertua Nababan |
| Program Studi | : | Sarjana Informatika |
| Judul | : | Perbandingan Algoritma *Support Vector Regression* dan *Artificial Neural Network* dalam Prediksi Jumlah Pendaftar Calon Mahasiswa Baru (Studi Kasus : Institut Teknologi Del) |

Para calon pendaftar atau siswa SMA mengalami kesulitan dalam menentukan perguruan tinggi yang akan dipilih. Kesulitan ini dikarenakan kurangnya informasi mengenai perguruan tinggi yang akan dituju. Promosi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan jumlah pendaftar pada kampus Institut Teknologi Del. Promosi ini haruslah disertai dengan informasi mengenai jumlah pendaftar dari sekolah tertentu pada tahun berikutnya. Diperlukan sebuah sistem untuk dapat melakukan prediksi jumlah pendaftar sekolah tertentu pada tahun berikutnya. Pada penelitian ini, penulis mencoba membandingkan dua algoritma yaitu algoritma *Support Vector Regression* dan *Artificial Neural Network* untuk menghasilkan model terbaik yang dapat melakukan prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa di Institut Teknologi Del. Pada proses percobaan, kedua algoritma ini dilakukan pencarian *hyperparameter* dengan menggunakan metode *gridsearch*. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan, model terbaik yang dapat memprediksi jumlah pendaftar adalah model algoritma Artificial Neural Network dengan nilai RMSE terendah yang dihasilkan adalah 0.04929599755078. Meskipun model *Artificial Neural Network* merupakan model terbaik, namun model ini belum dapat melakukan prediksi dengan baik dikarenakan jumlah pola data yang dipelajari masih dalam kategori sedikit, sehingga model belum dapat melakukan prediksi dengan baik.

**Kata Kunci** : *Artificial Neural Network, Support Vector Regression, Gridsearch,* RMSE, jumlah pendaftar calon mahasiswa.

**ABSTRACT**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Name | : | Hotmangasi Manurung  Agnes Bertua Nababan |
| Study Program | : | Bachelor of Informatics |
| Title | : | Comparison of Support Vector Regression and Artificial Neural Network Algorithms in Predicting the Number of New Student Candidates (Case Study: Del Institute of Technology) |

The difficulty faced by prospective applicants or high school students in continuing their education is the difficulty in determining which college to choose. This difficulty often occurs due to the lack of information owned to recognize existing universities. The implementation of promotion is very helpful for prospective applicants or high school students to get to know the college and help to decide which college to choose. This form of promotion can be started by conducting promotions at schools that may have a small number of applicants to the Del Institute of Technology campus. To find out the possible number of applicants from a school, it is necessary to create a system that can predict the number of applicants based on the school of origin for the following year. In this study, the authors tried to compare two algorithms, namely the Support Vector Regression algorithm and Artificial Neural Network to produce the best model in predicting the number of applicants for new students of Del Institute of Technology. In the experiment process, researchers conducted a hyperparameter search to be used in the model using gridsearch. From the results of the experiments conducted, the best model that can predict the number of applicants is the Artificial Neural Network algorithm model with the lowest RMSE value produced is 0.04929599755078. Although the Artificial Neural Network model is the best model, this model has not been able to predict well because the number of data patterns learned is still in the small category, so the model has not been able to predict well.

**Keywords**: Artificial Neural Network, Support Vector Regression, Gridsearch, RMSE, number of student applicants.

# DAFTAR ISI

[HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS i](#_Toc140173438)

[HALAMAN PENGESAHAN ii](#_Toc140173439)

[KATA PENGANTAR iii](#_Toc140173440)

[HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI v](#_Toc140173441)

[ABSTRAK vi](#_Toc140173442)

[DAFTAR ISI viii](#_Toc140173443)

[DAFTAR GAMBAR xii](#_Toc140173444)

[DAFTAR TABEL xiii](#_Toc140173445)

[BAB 1 PENDAHULUAN 1](#_Toc140173446)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc140173447)

[1.2 Rumusan Masalah 4](#_Toc140173448)

[1.3 Tujuan Penelitian 4](#_Toc140173449)

[1.4 Ruang Lingkup Penelitian 4](#_Toc140173450)

[1.5 Hasil yang Diharapkan 5](#_Toc140173451)

[1.6 Tahapan Penelitian 5](#_Toc140173452)

[1.7 Sistematika Penyajian 7](#_Toc140173453)

[BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 9](#_Toc140173454)

[2.1 Penelitian Terkait 9](#_Toc140173455)

[2.2 Pendaftaran Calon Mahasiswa Baru 13](#_Toc140173456)

[2.3 Machine Learning 14](#_Toc140173457)

[2.4 Data *Preprocessing* 17](#_Toc140173458)

[2.5 Label Encoding 17](#_Toc140173459)

[2.6 K-Fold Cross Validation 18](#_Toc140173460)

[2.7 Kernel 19](#_Toc140173461)

[2.8 *Grid Search* 20](#_Toc140173462)

[2.9 Support Vector Regression (SVR) 21](#_Toc140173463)

[2.10 Artificial Neural Network 24](#_Toc140173464)

[2.11 Backpropagation 25](#_Toc140173465)

[2.12 Early Stopping 32](#_Toc140173466)

[2.12 Performansi Model 33](#_Toc140173467)

[2.12.1 Mean Square Error 33](#_Toc140173468)

[2.12.2 Root Mean Square Error 33](#_Toc140173469)

[2.12.3 Mean Square Percentage Error 34](#_Toc140173470)

[2.13 Fungsi Aktivasi Backpropagation 35](#_Toc140173471)

[2.14 Flask 36](#_Toc140173472)

[BAB 3 ANALISIS 38](#_Toc140173473)

[3.1 Analisis Domain 38](#_Toc140173474)

[3.2 Analisis Data 38](#_Toc140173475)

[3.2.1 Sumber Data 39](#_Toc140173476)

[3.2.2 Seleksi Data 40](#_Toc140173477)

[3.3 Data *Preprocessing* 40](#_Toc140173478)

[3.3.1 Integrasi Data 40](#_Toc140173479)

[3.3.2 Data Encoding 41](#_Toc140173480)

[3.4 Analisis Algoritma SVR 41](#_Toc140173481)

[3.5 Analisis Algoritma ANN Backpropagation 48](#_Toc140173482)

[3.6 Analisis Evaluasi Model 52](#_Toc140173483)

[BAB 4 PERANCANGAN 54](#_Toc140173484)

[4.1 Rancangan Desain Penelitian 54](#_Toc140173485)

[4.2 Rancangan *Preprocessing* Data 56](#_Toc140173486)

[4.3 Rancangan Implementasi Algoritma 57](#_Toc140173487)

[4.3.1 Rancangan Implementasi Algoritma SVR 57](#_Toc140173488)

[4.3.2 Rancangan Implementasi Algoritma ANN Backpropagation 59](#_Toc140173489)

[4.4 Rancangan Aplikasi Del Predict 62](#_Toc140173490)

[BAB 5 IMPLEMENTASI 63](#_Toc140173491)

[5.1 Lingkungan Implementasi 63](#_Toc140173492)

[5.2 Batasan Implementasi 64](#_Toc140173493)

[5.3 Implementasi *Preprocessing* 64](#_Toc140173494)

[5.3.1 Pengecekan Outlier 64](#_Toc140173495)

[5.3.2 Encoding 65](#_Toc140173496)

[5.4 Implementasi Algoritma Support Vector Regression 66](#_Toc140173497)

[5.4.1 Pencarian nilai parameter terbaik 66](#_Toc140173498)

[5.4.2 Percobaan Variasi Nilai K-Fold Cross Validation 67](#_Toc140173499)

[5.5 Implementasi Algoritma Artificial Neural Network 69](#_Toc140173500)

[5.5.1 Pencarian Nilai Epoch 73](#_Toc140173501)

[5.5.2 Percobaan Variasi Nilai Epoch 73](#_Toc140173502)

[5.5 Uji Validasi Algoritma 74](#_Toc140173503)

[BAB 6 HASIL DAN PEMBAHASAN 75](#_Toc140173504)

[6.1. Pembahasan Studi Kasus 75](#_Toc140173505)

[6.2 Hasil dan Pembahasan *Preprocessing* Dataset 75](#_Toc140173506)

[6.2. Hasil dan Pembahasan Algoritma Support Vector Regression 76](#_Toc140173507)

[6.3. Hasil dan Pembahasan Algoritma Artificial Neural Network 78](#_Toc140173508)

[6.4. Pembahasan Evaluasi Model 80](#_Toc140173509)

[6.5. Hasil dan Pembahasan Uji Validasi 80](#_Toc140173510)

[6.6. Hasil Implementasi Simulator 82](#_Toc140173511)

[BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN 83](#_Toc140173512)

[7.1. Kesimpulan 83](#_Toc140173513)

[7.2. Saran 84](#_Toc140173514)

[DAFTAR REFERENSI 85](#_Toc140173515)

[LAMPIRAN i](#_Toc140173516)

[Lampiran A Source Code i](#_Toc140173517)

[A.1. Encoding Data i](#_Toc140173518)

[A.2. *Grid Search* ANN i](#_Toc140173519)

[A.3. *Grid Search* SVR iii](#_Toc140173520)

[A.4. Pemodelan Algoritma ANN iv](#_Toc140173521)

[Lampiran B Hasil Implementasi ix](#_Toc140173522)

[B.1. Hasil Implementasi Early Stopping ix](#_Toc140173523)

[B.2. Hasil Implementasi Artificial Neural Network xxiv](#_Toc140173524)

[Lampiran C Rancangan Aplikasi Del Predict xxviii](#_Toc140173525)

[C.1 Use Case Diagram xxviii](#_Toc140173526)

[C.2 Use Case Scenario xxix](#_Toc140173527)

[C.3 Design Aplikasi xxxi](#_Toc140173528)

[Lampiran D Hasil Pembangunan Aplikasi Del Predict xxxiv](#_Toc140173529)

[Lampiran E Hasil Uji Validasi xxxv](#_Toc140173530)

[E.1. Hasil Uji Validasi Algoritma Support Vector Regression xxxv](#_Toc140173531)

[E.2. Hasil Uji Validasi Algoritma Artificial Neural Network xlii](#_Toc140173532)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 2. 1 Jumlah Pendaftar Calon Mahasiswa baru IT Del 2016-2022 14](#_Toc140173533)

[Gambar 2. 2 Skema 10 Fold Cross Validation 18](#_Toc140173534)

[Gambar 2. 3 Ilustrasi SVR 23](#_Toc140173535)

[Gambar 2. 4 Arsitektur Algoritma Artificial Neural Network 24](#_Toc140173536)

[Gambar 2. 5 Model Overfitting 32](#_Toc140173537)

[Gambar 4. 1 Rancangan desain penelitian yang dilakukan 54](#_Toc140173538)

[Gambar 4. 2 Rancangan pelaksanaan *preprocessing* data 56](#_Toc140173539)

[Gambar 4. 3 Flow Algoritma Support Vector Regression 57](#_Toc140173540)

[Gambar 4. 4 Flow Algoritma ANN Backpropagation 59](#_Toc140173541)

[Gambar C. 1 Use Case Diagram Aplikasi xxviii](#_Toc140173542)

[Gambar C. 2 Halaman Home xxxi](#_Toc140173543)

[Gambar C. 3 Halaman Prediksi SVR xxxii](#_Toc140173544)

[Gambar C. 4 Halaman Hasil Prediksi SVR xxxii](#_Toc140173545)

[Gambar C. 5 Halaman Prediksi ANN xxxiii](#_Toc140173546)

[Gambar C. 6 Halaman Hasil Prediksi ANN xxxiii](#_Toc140173547)

[Gambar D. 1 Halaman Home xxxiv](#_Toc140173548)

[Gambar D. 2 Halaman SVR xxxiv](#_Toc140173549)

[Gambar D. 3 Halaman ANN xxxiv](#_Toc140173550)

# DAFTAR TABEL

[Tabel 2. 1 Kriteria Nilai MAPE 34](#_Toc140173551)

[Tabel 3. 1 Informasi yang diperoleh dari BAAK IT Del 39](#_Toc140173552)

[Tabel 3. 2 Atribut pada dataset 40](#_Toc140173553)

[Tabel 3. 3 Dataset hasil integration 41](#_Toc140173554)

[Tabel 3. 4 Inisialisasi nilai parameter 42](#_Toc140173555)

[Tabel 3. 5 Data Uji 42](#_Toc140173556)

[Tabel 3. 6 Data Uji 43](#_Toc140173557)

[Tabel 3. 7 Pasangan Data 43](#_Toc140173558)

[Tabel 3. 8 Hasil Perhitungan RBF 44](#_Toc140173559)

[Tabel 3. 9 Hasil Perhitungan Matriks Hessian 45](#_Toc140173560)

[Tabel 3. 10 Hasil Perhitungan Nilai Error 45](#_Toc140173561)

[Tabel 3. 11 Hasil Perhitungan Delta Alpha 46](#_Toc140173562)

[Tabel 3. 12 Hasil Perhitungan Nilai Alpha Baru 46](#_Toc140173563)

[Tabel 3. 13 Hasil Perhitungan Nilai Alpha Star 47](#_Toc140173564)

[Tabel 3. 14 Data Uji yang Ditesting 47](#_Toc140173565)

[Tabel 3. 15 Hasil Alpha Star yang didapat sebelumnya 48](#_Toc140173566)

[Tabel 3. 16 Nilai bias dari input layer ke hidden layer 49](#_Toc140173567)

[Tabel 3. 17 Nilai bobot dari inputan layer ke hidden layer 49](#_Toc140173568)

[Tabel 3. 18 Nilai bias dari hidden layer ke output layer 49](#_Toc140173569)

[Tabel 3. 19 Nilai bobot dari hidden layer ke output layer 49](#_Toc140173570)

[Tabel 4. 1 Inisialisasi Hyperparameter ANN 60](#_Toc140173571)

[Tabel 5. 1 Spesifikasi Hardware 63](#_Toc140173572)

[Tabel 5. 2 Spesifikasi Software 63](#_Toc140173573)

[Tabel 5. 3 Nilai parameter algoritma support vector regression 66](#_Toc140173574)

[Tabel 6. 1 Dataset yang sudah dilakukan pre-processing 76](#_Toc140173575)

[Tabel 6. 2 Kernel dan Parameter Terbaik 77](#_Toc140173576)

[Tabel 6. 3 Evaluasi RMSE menggunakan nilai k 78](#_Toc140173577)

[Tabel 6. 4 Hasil Uji Validasi dengan model SVR 80](#_Toc140173578)

[Tabel 6. 5 Hasil Uji Validasi dengan Model ANN 81](#_Toc140173579)

[Tabel C. 1 Deskripsi Use Case Diagram ........................................................ xxviii](#_Toc140173580)

[Tabel C. 2 Use Case Scenario Prediksi ANN xxix](#_Toc140173581)

[Tabel C. 3 Use Case Scenario Prediksi SVR xxx](#_Toc140173582)

# BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang topik penelitian, rumusan permasalahan penelitian, tujuan penelitian, ruangg lingkup penelitian, metodee penelitian dan sistematika penulisan dalam menyusun Tugas Akhir ini.

## 1.1 Latar Belakang

Pembukaan pendaftaran mahasiswa baru adalah rutinitas setiap perguruan tinggi. Rutinitas ini juga dilakukan oleh Institut Teknologi Del setiap tahunnya dengan membuka beberapa jalur yaitu PMDK, USM 1, USM 2, USM 3, dan jalur nilai UTBK (Itdel, 2022). Jumlah penerimaan mahasiswa baru mencerminkan bagaimana pandangan dan minat masyarakat pada perguruan tinggi tersebut. Perguruan tinggi swasta saling bersaing untuk meningkatkan jumlah pendaftar mahasiswa baru sehingga jumlah pendaftar mahasiswa baru dapat meningkat maupun menurun setiap tahunnya (Khoirudin et al., 2019). Beberapa faktor yang mempengaruhi daya tarik untuk mendaftar ke suatu perguruan tinggi yaitu besarnya biaya pendidikan, beasiswa yang disediakan, dan bagaimana perguruan tinggi mempromosikan kampusnya (Barus & Simamora, 2020).

Salah satu kesulitan yang dihadapi oleh calon pendaftar atau siswa SMA dalam melanjutkan studinya adalah kesulitan untuk menentukan perguruan tinggi yang akan dipilih. Kesulitan ini sering terjadi dikarenakan kurangnya informasi yang dimiliki untuk mengenal perguruan tinggi yang ada. Pada bentuk kesulitan seperti ini peran dari pihak promosi perguruan tinggi bekerja dalam menarik perhatian pendaftar sangat penting (Barus & Simamora, 2020). Pelaksanaan promosi ini sangat membantu para calon pendaftar atau siswa SMA untuk mengenal perguruan tinggi dan membantu untuk memutuskan perguruan tinggi yang akan dipilih.

Kegiatan promosi juga dilakukan oleh Institut Teknologi Del (IT Del) untuk meningkatkan daya tarik calon pendaftar untuk berkuliah di institusinya. Ada banyak bentuk promosi yang dilakukan pihak IT Del, salah satu bentuk promosi yang dilakukan adalah pengenalan institut ke sekolah-sekolah. Bentuk promosi ini dapat dimulai dengan melakukan promosi pada sekolah yang kemungkinan jumlah pendaftar ke kampus Institut Teknologi Del yang masih sedikit. Untuk mengetahui kemungkinan jumlah pendaftar dari suatu sekolah, maka perlu dibuat sebuah sistem yang dapat memprediksi jumlah pendaftar berdasarkan sekolah asal untuk tahun selanjutnya.

Prediksi jumlah pendaftar telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya diantaranya, Sistem Prediksi untuk Menentukan Jumlah Pendaftaran Mahasiswa Baru pada Universitas Catur Insan Cendekia Menggunakan Metode *Least Square* (Muhadzdzab et al., 2020) yang membuat sistem prediksi untuk mengetahui jumlah calon mahasiswa baru sebagai upaya untuk mengetahui bagaimana prioritas atau banyak jumlah calon mahasiswa baru yang akan diterima dan sebagai sarana peminat trend prodi terbanyak pada setiap tahunnya. Pada penelitian tersebut, peneliti melakukan prediksi menggunakan algoritma *Least Square.* Berdasarkan hasil prediksi yang dilakukan diperoleh bahwa prediksi jumlah pendaftar pada tahun 2019 adalah 144 orang dengan perolehan MAPE 8,87%.

Penelitian lain yang membahas mengenai prediksi jumlah pendaftar antara lain adalah Implementasi Algoritma Regresi Linear dalam Sistem Prediksi Pendaftar Mahasiswa Baru Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjungpinang (Setyoningrum et al., 2022). Pada penelitian ini peneliti membuat sebuah sistem prediksi jumlah pendaftar dengan menggunakan algoritma regresi linear, dimana dari hasil penelitian ini peneliti berhasil membangun sebuah sistem yang digunakan dalam memprediksi jumlah pendaftar mahasiswa Baru sekolah Tinggi Teknologi Indonesia.

Pada penelitian ini, penulis akan melakukan sistem prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru dengan menggunakan hasil perbandingan algoritma Support Vector Regression (SVR) dan Artificial Neural Network (ANN). Sebelum melakukan penelitian, peneliti juga melakukan eksplorasi mengenai algoritma ini dan memperoleh beberapa hasil penelitian dengan kedua algoritma tersebut. Beberapa penelitian yang membahas mengenai kedua algoritma ini antara lain, Perbandingan Algoritma Backpropagation Neural Network dan Long Short Term Memory dalam Memprediksi Harga Bitcoin (Andreas et al., 2022). Pada penelitian ini, peneliti membandingkan dua algoritma regresi yaitu algoritma Backpropagation dengan algoritma LSTM (*Long Short-Term Memory*) dalam melakukan prediksi harga Bitcoin. Pada penelitian ini algoritma dibandingkan dengan melakukan perhitungan RMSE dari kedua algoritma, kemudian algoritma yang memiliki RMSE terkecil dipilih sebagai algoritma yang lebih baik, dimana dari hasil penelitian ini algoritma dengan RMSE terkecil adalah algoritma Backpropagation.

Penelitian lainnya adalah Perbandingann Regresi Linear, Backpropagation, dan Fuzzyy Mamdanii dalam Prediksi Harga Emass(Nafi’iyah, 2016). Pada penelitian ini dilakukan pemodelan dengan menggunakan algoritma regresii linear, backpropagation, dan *fuzzy mandani* dalam melakukann prediksii harga emas. Ketiga algoritma ini dibandingkan berdasarkan nilai persentasi akurasi yang didapatkan. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa dari hasil prediksi ketiga algoritma bahwa algoritma *backpropagation* merupakan algoritma yang paling baik dalam memprediksiiemas, kemudian dilanjutkan dengan algoritma regresi linier. Sedangkan untuk algoritma *fuzzy mamdani* tidak dapat melakukan prediksi harga emas secara baik, yang dibuktikan dengan nilai akurasi yang tidak sampai 1%.

Penelitian lainnya yang telah dilakukan yaitu Analisis Perbandingan Prediksi Obat dengan Menggunakan Metode ABC Analysis dan SVR pada Aplikasi “MORBIS”(Maryana et al., 2019). Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa optimasi peramalan penjualan obat dengan menggunakan SVR adalah dengan menggunakan proses *preprocessing* data dengan scaling linier mendapatkan hasil yang lebih optimal dengan nilai MAPE 17,51%.

Dari hasil kajian beberapa penelitian di atas diperoleh bahwa algoritma SVR dan ANN merupakan algoritma terbaik untuk melakukan prediksi dibandingkan algoritma lainnya. Oleh karena itu, penulis mencoba untuk menganalisis algoritma SVR dan ANN lalu menentukan algoritma yang terbaik dari kedua algoritma tersebut. Setelah ditentukan algoritma terbaik, maka penulis akan membuat sebuah aplikasi website untuk memprediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa dengan menggunakan algoritma tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusannmasalah dariipenelitiannini antaraalain :

1. Bagaimana cara memprediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru Institut Teknologi Del di tahun selanjutnya dengan menggunakan algoritma *Support Vector Regressionn*(SVR) dan *ArtificiallNeurall Networkk*(ANN) ?
2. Bagaimana nilai RMSE yang diperoleh dari hasil pembentukan model algoritma yang telah dibuat ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuanndari penelitian ini antara lainn:

1. Melakukan prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru Institut Teknologi Del dengan menggunakan algoritma *SupporttVector Regression* (SVR)dan *ArtificiallNeural Network* (ANN).
2. Membandingkan nilai performansi model yang dilakukan setelah pembentukan model algoritma *Support Vector Regression* (SVR) dan *Artificial Neural Network* (ANN).

## 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus pada penggunaan algoritma *Support Vector Regression (*SVR*)* dan algoritma *ArtificiallNeural Network* (ANN) *Backpropagationn*dalam prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru di Institut Teknologi Del.
2. Data yang digunakan adalah data yang diterima dari BAAK IT Del.
3. Bentuk dataset yang akan digunakan pada penelitian ini adalah bentuk data *time series*, dimana data akan berisi jumlah pendaftar dari setiap sekolah untuk setiap tahunnya.
4. Variabel yang digunakan yaitu nama sekolah, jumlah pendaftar tahun 2016, jumlah pendaftar tahun 2017, jumlah pendaftar tahun 2018, jumlah pendaftar tahun 2019, jumlah pendaftar tahun 2020, jumlah pendaftar tahun 2021, jumlah pendaftar tahun 2022.
5. Sistem prediksi yang dilakukan hanya akan memprediksi jumlah pendaftar untuk 1 tahun selanjutnya.
6. Simulator algoritma akan dibuat dengan membuat aplikasi website.
7. Aplikasi yang dibangun hanya untuk melakukan prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru di Institut Teknologi Del dengan menggunakan algoritma yang menghasilkan evaluasi model terbaik.

## 1.5 Hasil yang Diharapkan

Hasillyang diharapkan dalammpelaksanaan penelitiannTugas Akhir ini adalah mampu melakukan prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru di Institut Teknologi Del dan menemukan algoritma terbaik dari antara algoritma *Support VectorrRegression* dan *ArtificiallNeurallNetwork* (ANN) berdasarkan hasil performansi model yang diperoleh.

## 1.6 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitianndalam Tugas Akhir ini dideskripsikan pada pernyataan dibawah ini:

1. Studi Literatur

Pada tahapannini dilakukan pengumpulanninformasi terkaitttopik penelitian mengenai algoritma *Support Vector Regression* dan *Artificial Neural Network* dalam melakukan prediksi melalui sumber referensi jurnal, *paper*, buku, situs perguruan tinggi, dan *website* yang terpercaya (seperti *website* milik pemerintah dan situs berita yang bereputasi).

1. Perumusan Masalah

Pada tahapan ini yang dilaksanakan adalah merumuskan masalah dan merumuskan tujuan penelitian tersebut. Hasil analisis dari sumber referensi-referensi dan data yang sudah disiapkan akan membantu membuat rumusan masalah penelitian dan hasil rumusan masalah tersebut yang nantinya dijadikan tujuan penelitian.

1. Pengumpulan Dataa

Pada tahapan ini yang dilaksanakan adalah pengumpulan data-data sebagai bahan pemecahan masalah yang yang telah dirumuskan sebelumnya pada tahap kedua. Untuk pengumpulan data dilakukan peneliti dengan mengambil data dari kantor BAAK kampus Institut Teknologi Del.

1. *Preprocessing* Data

Tahapan *preprocessing* ini dilakukan untuk menyiapkan data yang dapat diproses oleh algoritma *machine learning*. Memproses data terlebih dahulu penting dilakukan sehingga data yang akan digunakan tidak mengandung kata-kata ataupun karakter yang tidak diperlukan. Sehingga data akan lebih mudah untuk diproses dan meningkatkan akurasi prediksi.

1. Analisis Data dan Algoritma

Pada tahapan ini peneliti melakukan analisis terhadap dataset yang akan digunakan dan akan menganalisis algoritma *SupporttVector Regression* dan *ArtificiallNeural Networkk*(ANN). Pada analisis algoritma, peneliti memperdalam bagaimana proses kerja dari kedua algoritma. Peneliti juga membuat perhitungan matematis dari kedua algoritma tersebut.

1. Implementasi Algoritma

Pada tahapan ini, peneliti melakukan implementasi kedua algoritma berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya.

Implementasi algoritma dilakukan dengan menggunakan bahasa python yang menjadi bahasa pembelajaran *machine learning*.

1. Kesimpulan dan Saran Penelitian

Pada tahapan ini peneliti melakukan pembahasan dan penarikan kesimpulan terhadap proses penelitian yang telah dilaksanakan yaitu dengan melakukan penerapan algoritma *SupporttVector Regressionn*(SVR) dan *Artificial Neural Network* (ANN) dalam melakukan prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru Institut Teknologi Del.

## 1.7 Sistematika Penyajian

Penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa bab yang disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut :

|  |  |
| --- | --- |
| Bab I  Pendahuluan | Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang topik penelitian, rumusan permasalahan penelitian, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode penelitian dan sistematika penyajian dalam menyusun Tugas Akhir ini. |
| Bab II  Tinjauan Pustaka | Pada bab ini menjelaskan rangkuman informasi dari beberapa dasar teori berupa daftar pustaka yang mendasari dan mendukung penelitian Tugas Akhir ini. Penjelasan rinci yakni penjelasan penelitian sebelumnya yang mirip dengan penelitian Tugas Akhir dilakukan dalam dokumen ini, penjelasan teoritis dari dasar acuan jurnal, artikel, atau buku yang diangkat peneliti dalam menelaah topik dalam Tugas Akhir ini. |
| Bab III  Analisis | Pada bab ini, peneliti memberikan penjelasan mengenai analisis terhadap proses yang telah ditentukan sebelumnya dengan metode yang telah dipilih untuk melakukan proses prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru. |
| Bab IVV  Perancangann | Pada Bab ini, peneliti memberikan penjelasan mengenai rancangan penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat menjelaskan secara rinci mengenai proses penelitian yang akan dilakukan dengan menggunakan *flowchart*. |
| Bab V  Implementasii | Pada bab ini dijelaskan bagaimana proses mengenai implementasi yang dilakukan berdasarkan analisis bab III dan perancangan yang telah dibahas pada Bab IV. |
| Bab VI  Hasill dan Pembahasan | Pada bab ini akan diuraikan hasil dan pembahasan dari implementasi dan percobaan yang dilakukan untuk mendapatkan hasill yang diharapkan dari penelitiannTugass Akhir ini. |
| Bab VII  Kesimpulan dan Saran | Pada bab ini akan disampaikan kesimpulan dari hasil implementasi dan percobaan dalam penelitian yang dilakukan. Dan juga akan disampaikan beberapa saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya. |

# BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 Tinjauan Pustaka ini berisi landasan teori yang memuat data dan informasi terkait yang dikumpulkan dari berbagai jurnal dan pustaka yang berhubungan dengan penelitian dalam pengerjaan Tugas Akhir untuk memperluas informasi dalam melakukan kajian.

## 2.1 Penelitian Terkait

Sebelum penulis melakukan penelitian Tugas Akhir ini, penulis terlebih dahulu melakukan eksplorasi masalah perbandingan algoritma dalam pembuatan sebuah model untuk mendapatkan hasil yang terbaik terhadap serangkaian kasus. Kemudian berdasarkan permasalahan tersebut, penulis melakukan analisis terhadap beberapa paper/jurnal untuk mendapatkan metode, objek penelitian, hasil penelitian serta relevansi dan juga perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan, penulis melanjutkan penelitian dengan melakukan pengembangan menggunakan metode dan objek penelitian yang berbeda, sehingga dilakukan perbandingan untuk membandingkan satu metode dengan metode lainnya untuk mendapatkan model terbaik.

* + - 1. Perbandingan Algoritma Backpropagation Neural Network dan Long Short Term Memoryydalam Memprediksi Harga Bitcoinn

Pada jurnal ini, penulis membuat sebuah penelitian mengenai perbandingan antara dua algoritma *machine learning* yang berbeda, yaitu algoritma LSTM dan *backpropagation*. Dataset yang digunakan berisi data histori dari tanggal 1 Januari 2015 sampai dengan 31 Maret 2022 dengan atribut dataset antara lain adalah *Date, Open, High, Low, Close,* dan *Volume.* Pada jurnal tersebut peneliti melakukan percobaan pada kedua algoritma dengan menguji jumlah *neuron* yang dibuat pada *hidden layer* kedua algoritma. Dari hasil penelitian tersebut terlihat bahwa pemilihan jumlah *neuron* pada *hidden layer* mempengaruhi nilai RMSE yang akan dihasilkan oleh model. Pada percobaan dengan algoritma LSTM, model yang menghasilkan nilai RMSE terbaik adalah model dengan jumlah *neuron* pada *hidden layer* 512, sedangkan untuk algoritma *backpropagation* nilai RMSE terbaik dihasilkan oleh model dengan jumlah *neuron* pada *hidden layer* adalah 4. Dari hasil percobaan tersebut hasil terbaik dari kedua algoritma kemudian dibandingkan algoritma yang menghasilkan nilai RMSE yang lebih baik, dimana algoritma yang menghasilkan RMSE terbaik diperoleh dari model algoritma *backpropagation* (Andreas et al., 2022).

* + - 1. Machine Learning menggunakan Perbandingan Dua Algoritma Antara Support Vector Regression (SVR) dan Decision Tree untuk Memprediksi Harga Saham Agro.

Pada jurnal ini, penulis membuat perbandingan antara algoritma *support vector regression* dan *decision tree* dalam memprediksi harga saham *argo*. Dataset yang digunakan diperoleh dari *yahoo finance* yang mana data diambil dari 4 April 2022 sampai dengan 23 November 2022. Pada percobaan yang dilakukan pada algoritma penulis hanya melakukan percobaan secara sederhana dimana hanya dilakukan penentuan jenis kernel yang digunakan untuk percobaan algoritma *support vector regression* dan penentuan nilai *random state* yang akan digunakan pada algoritma *decision tree*. Pada algoritma *support vector regression*, penulis hanya melakukan percobaan dengan menggunakan kernel *linear* dan pada algoritma *decision tree* penulis melakukan percobaan dengan nilai *random state* = 2. Dari hasil percobaan yang dilakukan penulis bahwa algoritma yang menghasilkan nilai RMSE terbaik diperoleh pada model algoritma *support vector regression* (Lembong, 2022).

* + - 1. Analisis Support Vector Regression (SVR) dengan Kernel Radial Basis Function (RBF) untuk Memprediksi Laju Inflasi di Indonesia.

Pada jurnal ini penulis melakukan analisis *support vector regression* dengan menggunakan kernel *radial basis function* (RBF). Dataset yang digunakan pada proses penelitian ini merupakan data inflasi berdasarkan indeks harga konsumen setiap bulan mulai dari Januari 2015 sampai dengan Desember 2020. Pada saat melakukan percobaan, penulis menggunakan teknik *gridsearch* untuk menentukan nilai parameter optimal yang akan digunakan pada algoritma. Dari hasil metode *gridsearch* yang telah dilakukan diperoleh nilai parameter yang optimal adalah Nilai parameter ini akan digunakan untuk melakukan prediksi pada model. Dari hasil pemodelan yang diperoleh dengan menggunakan parameter hasil *gridsearch*, diperoleh nilai RMSE dari model adalah 0.0020 yang artinya kemampuan model dapat mengikuti pola data dengan baik (Rais, 2022).

* + - 1. *Application of Artificial Neural Network and Support Vector Regresion in Predicting Mass of Ber Fruits (Ziziphus Mauritiana Lamk) Based on Fruit Axial Dimensions*.

Pada jurnal ini, penulis melakukan percobaan untuk memprediksi massa buah ber dengan menggunakan algoritma *artificial neural network* (ANN) dan *support vector regression* (SVR). Dataset yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 600 data, dimana data dibagi ke dalam perbandingan 80:20, dimana 80% dari jumlah data (480 data) digunakan untuk training dan 20% dari jumlah data (120 data) digunakan sebagai data testing. Dari hasil percobaan yang dilakukan penulis diperoleh hasil pemodelan kedua algoritma yang menghasilkan nilai RMSE pada saat validasi yang hampir sama, dimana nilai RMSE yang diperoleh model algoritma *artificial neural network* (ANN) adalah 1.8479 dan untuk nilai RMSE yang diperoleh algoritma *support vector regression* (SVR) adalah 1.8814. Berdasarkan nilai RMSE yang dihasilkan kedua model, penulis menyatakan bahwa performansi ANN dan SVR memiliki kemampuan yang hampir sama dalam melakukan prediksi. Pada jurnal tersebut peneliti juga memberikan keuntungan menggunakan algoritma ANN dan SVR dalam melakukan prediksi dibandingkan algoritma regresi lain, yaitu SVR dan ANN memiliki kemampuan *aproksimasi* (pendekatan) yang umum dan dapat mengestimasi hampir semua jenis hubungan *non-linear*. Pada jurnal tersebut disebutkan bahwa untuk membuat model prediksi yang efektif, model SVR dan ANN membutuhkan banyak sampel data untuk dipelajari (Abdel-Sattar et al., 2021).

* + - 1. PerbandingannRegresi Linear, Backpropagation, dan Fuzzy Mamdani dalam Prediksi HargaaEmass

Pada jurnal ini, penulis melakukan perbandingan model *regresi linear*, *backpropagation*, dan *fuzzy mamdani* dalam melakukan prediksi harga emas. Dataset yang digunakan diperoleh dari sumber internet dengan variabel yang digunakan adalah harga buka, harga beli, dan harga jual. Jumlah data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 120 data. Pada percobaan *regresi linear*, penulis mengubah range nilai ke dalam 0-1 dimana ketika nilai korelasi berkisar 0 berarti antara variabel tidak ada hubungan sama sekali, sedangkan untuk korelasi 1 menunjukkan pasti saling berhubungan. Hasil percobaan yang dilakukan menghasilkan nilai korelasi 0.929. Pada proses *training backpropagation* penulis menghasilkan bobot-bobot, bobot inilah yang digunakan untuk prediksi harga emas. Berdasarkan hasil bobot yang diperoleh dan digunakan untuk prediksi, nilai korelasi yang dihasilkan adalah 0.95 hal ini menunjukkan bahwa nilai *error* dari *backpropagation* dalam memprediksi harga emas sekitar 0.05. Untuk proses prediksi menggunakan *fuzzy mamdani*, nilai korelasi yang diperoleh dari hasil prediksi adalah 0.0000041. Nilai ini adalah nilai korelasi terburuk yang diperoleh dari ketiga algoritma yang digunakan. Dari hasil percobaan ketiga algoritma, nilai korelasi terbaik diperoleh oleh algoritma *backpropagation* (Nafi’iyah, 2016).

* + - 1. Penggunaan Support Vector Regression dalam Pemodelan Indeks Saham Syariah Indonesia dengan Algoritma Grid Search.

Pada jurnal ini, penulis melakukan pencarian model indeks saham syariah Indonesia (ISSI) yang terbaik dengan menerapkan teknik *gridsearch* pada algoritma *support vector regression* (SVR). Teknik *gridsearch* ini digunakan untuk mencari parameter yang optimal dan parameter tersebut akan digunakan pada algoritma SVR. Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah data bulanan dan mingguan indeks saham syariah Indonesia (ISSI) periode Agustus 2011 sampai dengan Maret 2018. Sebelum dilakukan pemodelan, penulis terlebih dahulu melakukan pembagian dataset dengan menggunakan teknik K-*fold* *cross validation.* K-*fold* *cross validation* melakukan pembagian data sebanyak k, dimana setiap k himpunan bagian yang ada menjadi data uji dan sisanya menjadi data latih.Pada proses pembentukan model, penulis mendefinisikan beberapa nilai parameter, kemudian dengan menggunakan teknik *gridsearch* mencari nilai parameter yang terbaik. Dari hasil *gridsearch* yang telah dilakukan, diperoleh nilai parameter terbaik dari antara nilai parameter yang didefinisikan adalah dan kernel yang terbaik adalah *kernel linear*. Hasil nilai RMSE yang diperoleh dari nilai parameter terbaik tersebut adalah 2.289, nilai RMSE tersebut adalah nilai RMSE terbaik dari nilai RMSE model-model yang dibuat oleh penulis (Saputra et al., 2019).

## 2.2 Pendaftaran Calon Mahasiswa Baru

Setiap perguruan tinggi melakukan rutinitas pembukaan pendaftaran calon mahasiswa baru di setiap tahunnya. Rutinitas ini juga dilakukan oleh Institut Teknologi Del disetiap tahunnya dengan membuka beberapa jalur yaitu PMDK, USM 1, USM 2, USM 3, dan jalur nilai UTBK (Del, 2022). Jumlah pendaftar calon mahasiswa baru pun setiap tahunnya berubah dan perubahan yang terjadi pun tidak konsisten.



Gambar 2. 1 Jumlah Pendaftar Calon Mahasiswa baru IT Del 2016-2022

Sumber : Data BAAK IT Del

Berdasarkan hasil diagram di atas bahwa jumlah pendaftar calon mahasiswa IT Del selalu mengalami perubahan untuk setiap tahunnya. Perubahan jumlah yang selalu naik turun ini juga berlaku ketika kita melakukan *breakdown* data jumlah pendaftar berdasarkan asal sekolah pendaftar.

## 2.3 Machine Learning

*Machine learning* ditemukan pertama kali pada tahun 1959 oleh Arthur Samuel melalui jurnalnya yang berjudull “*Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers*” (IBM Journal of Research and Development). *Machine learning* adalah salah satu cabang ilmu komputer yang memberikan kemampuan untuk belajar tanpa diprogram secara langsung (*eksplisit*).

*Machine Learning* membutuhkan model untuk didefinisikan sesuai dengan parameter tertentu. Proses *learning* adalah eksekusi program komputer untuk mengoptimalkan parameter model dengan menggunakan data *training* atau *past experience.* Sederhananya, machine learning merupakan sebuah pemrograman komputer untuk mencapai kriteria atau kinerja tertentu dengan menggunakan sekumpulan data *training* atau pengalaman di masa lalu (*past experience*).

*Machine* *learning* mempelajari agar komputer mampu “belajar” dari data. *Machine learning* melibatkan berbagai disiplin ilmu seperti statistika, ilmu komputer, matematika, dan bahkan neurologi. *Machine learning* menggunakan teori-teori statistika untuk membentuk model matematika. Model dapat bersifat *predictive* atau *descriptive*, atau bisa juga gabungan dari *predictive* dan *descriptive*. Secara umum, algoritma *machine learning* dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu:

1. *Supervised learning*

*Supervised learning* merupakan algoritma *machine learning* yang mengidentifikasi fitur secara eksplisit dan melakukan prediksi atau klasifikasi yang sesuai. *Supervised learning* menggunakan *data* *training* yang sudah diberi label untuk mempelajari *mapping* *function*, dari *input* variabel (*x*) ke *output* variabel (*y*). Permasalahan-permasalahannyang terkait dengan *supervised learningg*dapat dikategorikannmenjadi duaajenis, yaitu *classificationn*dan *regression*. *Classificationn*bertujuan untukkmemprediksi *outcomee*dari *input*, dimanaavariabel berbentukkkategori-kategori. Contoh : pria/wanita, sakit/sehat, tinggi/rendah, dan sebagainya. Sedangkan *regression* bertujuan untuk memprediksi *outcome* dari *input*, dimana *outcome* variabel berbentuk nilai aktual (*real values*). Contoh : tinggi badan seseorang, curah hujan, dan sebagainya. Beberapa algoritma yang termasuk *supervised learning* antara lain adalah Decision tree, Naive Bayes Classifier, Artificial Neural Network, Support Vector Machine, Linear Regression, Logistic Regression, CART, KNN (K-Nearest Neighbor), dsb.

2. *Unsupervised learning*

*Unsupervised learning* merupakan algoritma *machine learning* yang mengidentifikasi data berdasarkan kepadatan, struktur, segmen serupa, dan fitur serupa lainnya. *Unsupervised* *learningg*menggunakan *unlabeleddtraining dataset* untukkmemodelkan strukturrdari data, sehingga *unsupervised learning* bersifat lebih subjektif dibandingkan dengan *supervised learning*. Permasalahan seputar *unsupervised learning* dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu *association, clustering, dimensionality reduction*. Beberapa algoritma yang termasuk dalam *unsupervised learning* antara lain K-Means, *Hierarchical Clustering*, *Fuzzy* C-*Means*, *Self-Organizing Map*, dan sebagainya.

3. *Reinforcement learning*

*Reinforcement learning* merupakan algoritma yang mengumpulkan informasi atau pengalaman untuk menentukan tindakan yang baik untuk mencapai target atau tujuan. Dengan algoritma ini, agen dapat mengevaluasi perilaku ideal dalam suatu kasus. Berbeda dengan algoritma *supervised learning* dan *unsupervised learning* yang sudah memiliki tujuan (*goal*), algoritma *reinforcement learning* tidak memiliki tujuan yang jelas. Oleh sebab itu, algoritma *reinforcement learning* ini dipaksa untuk belajar menemukan nilai optimal dengan mencari *trial* dan *error*. Beberapa algoritma yang dikelompokkan ke dalam *reinforcement learning* antara lain Algoritma Genetika *(GA)*, Pemrograman Dinamis *(DP),* Iterasi Kebijakan Umum *(GPI), Monte Carlo*.

4. *Deep Learning*

*Deep learning* merupakan metode learning yang memanfaatkan *artificial neural network* yang berlapis-lapis (*multi layer*). *Artificial neural network* ini dibuat mirip dengan otak manusia, dimana neuron-neuron terkoneksi satu sama lain sehingga membentuk sebuah jaringan neuron yang sangat rumit.

(Primartha, 2018)

## 2.4 Data *Preprocessing*

*Data preprocessing* adalah teknik pengolahan data yang terdiri dari tahapan untuk mengubah data sehingga mudah diproses oleh mesin. *Data preprocessing* merupakan komponen dalam persiapan data yang mendeskripsikan semua jenis pemrosesan yang dilakukan pada data mentah agar siap dilakukan pemrosesan data lanjutan seperti visualisasi data dan pembentukan model. *Data preprocessing* berfungsi untuk mengubah data menjadi format yang lebih mudah dan efektif.

Tahapan *data preprocessing* yang dilakukan antara lain adalah :

Integrasi data

Integrasi data adalah salah satu langkah *data preprocessing* yang digunakan untuk menggabungkan data yang ada dari beberapa sumber atau file ke dalam satu penyimpanan data (Trivusi, 2022).

Transformasi data

Transformasi data adalah mengubah bentuk data agar dapat diproses oleh model *machine learning*. Pengubahan bentuk data dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *encoding*. Teknik encoding ini digunakan untuk mengubah data yang berbentuk kategorik menjadi bentuk numerik dengan tujuan agar data dapat diolah dalam model *machine learning* (machinelearning, 2023).

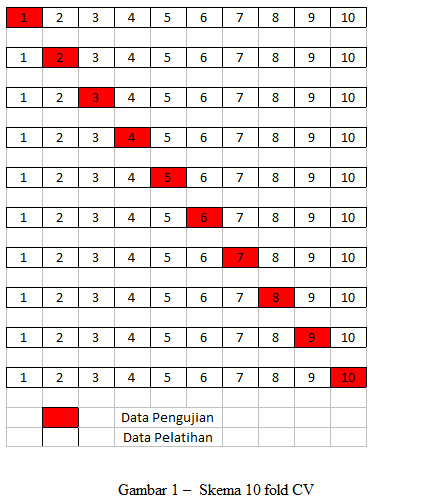
## 2.5 Label Encoding

Dalam pemrosesan data sendiri, sebuah dataset seringkali memiliki data dengan nilai-nilai kategori pada sebuah kolom atau atribut. Dalam melakukan pemrosesan data dengan menggunakan algoritma pada pembelajaran mesin, perlu dilakukan pengubahan nilai-nilai kategori tadi menjadi nilai numerik agar nilai tersebut dapat diolah oleh *machine learning*. Salah satu teknik yang digunakan untuk *encoding* adalah *label encoder*. *Label encoder* merupakan teknik pada pembelajaran mesin yang digunakan untuk mengubah data kategori menjadi data *numerik*.

Pada label *encoding*, nilai-nilai kategori akan diubah menjadi bilangan bulat dengan menggunakan suatu aturan tertentu. Misalnya nama sekolah tertentu akan diubah menjadi sebuah bilangan tertentu. Dengan demikian seluruh kolom *Nama Sekolah* pada dataset akan diubah menjadi kolom bertipe *integer*. Dan setelah itu dapat digunakan untuk melakukan pemodelan pada pembelajaran mesin (Santoso & Putri, 2023)

## 2.6 K-Fold Cross Validation

*K-fold cross validation* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi algoritma dengan membagi jumlah sebanyak *k* ke dalam data train dan data test. Cara kerja dari *k-fold cross validation* adalah pertama-tama data dipartisi menjadi *k* bagian yang berukuran sama (atau hampir sama). Kemudian setiap data ke-*k* setiap bagian dijadikan sebagai data testing.



Gambar 2. 2 Skema 10 Fold Cross Validation

Sumber : (Wibowo, 2017)

Dari **Gambar 2.2** di atas kita dapat melihat langkah-langkah proses pembagian data menjadi 10 bagian. Pada bagian pertama atau *fold*-1 data ke-1 dijadikan sebagai data uji dan sisanya menjadi data latih. Kemudian pada *fold*-2 data ke-2 dijadikan sebagai data uji dan sisanya menjadi data latih, hal ini terjadi sampai mencapai nilai *fold*-10 .

## 2.7 Kernel

Pada ilmu data mining kernel merupakan fungsi perkalian dalam (inner product) pada ruang fitur. Fungsi kernel ini memungkinkan kita untuk mengimplementasikan suatu model pada ruang dimensi yang lebih tinggi (ruang fitur) tanpa harus mendefinisikan fungsi pemetaan dari ruang input ke ruang fitur(Ghazali & Purnamasari, 2021).

Pada penelitian ini, optimasi pada algoritma Support Vector Regression dilakukan menggunakan fungsi kernel, adapun kernel yang digunakan yaitu kernel linear, RBF(Radial Basis Function), polynomial, dan sigmoid, adapun persamaan fungsi setiap kernel adalah sebagai berikut:

1. Kernel *Linear*

Kernel ini berfungsi untuk pemetaan ke ruang dimensi yang lebih tinggi dan yang sudah dianalisis sudah terpisah secara linier.

(2.1)

1. Kernel *Polynomial*

Kernel ini berfungsi untuk melakukan pemetaan ketika data tidak terpisah secara linier.

(2.2)

1. Kernel *Sigmoid*

Kernel ini berfungsi untuk melakukan pemetaan data ke dalam ruang fitur yang lebih tinggi.

*k(x,y) = tanh(* (2.3)

1. Kernel *Radial Basis Function* (RBF)

Kernel ini dapat mengatasi permasalahan yang bersifat *non-linear*.

(2.4)

Keempat kernel ini akan dilakukan pencarian kernel terbaik yang nantinya digunakan dalam pemodelan. Algoritma SVR sendiri juga memiliki beberapa parameter yang dapat disesuaikan untuk mendapatkan model terbaik dengan nilai *error* yang rendah. Pada penelitian ini, beberapa parameter yang digunakan yaitu parameter *cost, gamma, dan epsilon*. Parameter *cost* merupakan parameter yang mengendalikan seberapa keras SVR untuk melakukan prediksi dengan benar setiap titik data pelatihan, parameter *gamma* berfungsi untuk mempengaruhi fleksibilitas SVR dalam menentukan batas pemisah antar kelas yang berbeda. Dan untuk parameter *epsilon* berfungsi untuk memutuskan seberapa sering algoritma harus mencoba tindakan acak dan menjelajahi lingkungan (Handayani et al., 2017).

## 2.8 *Grid Search*

Metode *Grid Search* merupakan alternatif untuk menemukan parameter terbaik dari sebuah model. Metode ini dikategorikan sebagai metode lengkap untuk nilai parameter terbaik yang harus dieksplorasi masing-masing dengan menetapkan jenis prediksi terlebih dahulu. Kemudian metode akan menunjukkan skor untuk setiap nilai parameter untuk mempertimbangkan mana yang akan dipilih (Gunawan et al., 2020).

Metode *Grid Search* memiliki cara kerja kombinasi parameter satu persatu dan membandingkan nilai galat terkecil pada parameter tersebut. Pasangan kombinasi dari parameter terlebih dahulu disimpan dalam grid-grid. Baris ke-i dan kolom ke-j yang nilai galatnya terkecil merupakan kombinasi parameter ke-i dan parameter ke-j terpilih (Saputra et al., 2019).

## 2.9 Support Vector Regression (SVR)

*Support Vector Regression* (SVR) merupakan penerapan dari algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk kasus regresi. Algoritma yang diperkenalkan oleh Vapink pada tahun 1995 ini didasarkan pada *risk minimization*, yang dipergunakan untuk mengestimasi sebuah fungsi dengan cara meminimalkan batas atas generalization error.

Adapun keunggulan dari algoritma SVR yaitu:

1. SVR mampu memberikan model pelatihan lebih cepat. Dengan karakteristiknya untuk memecahkan permasalahan linear, maka algoritma ini lebih cocok untuk data set dengan dimensi lebih tinggi.
2. SVR mampu menyelesaikan permasalahan minimal lokal dari optimasi *non-linier*.
3. SVR mampu melakukan penyelesaian *norm error* pada saat pinalti *outlier* selama fase pelatihan. Hal ini yang diketahui dengan menggunakan trik kernel.
4. SVR efektif untuk melakukan generalisasi sampel data yang sedikit.
5. SVR mampu menghindari *overfitting*.

(Saadah et al., 2021)

Tujuan dari Algoritma SVR adalah membuat data lebih acak agar dapat menerima regresi yaitu dengan memetakan pada dimensi yang lebih tinggi (Ridwan et al., 2021). Pada regresi linear persamaan yang digunakan dijabarkan sebagai berikut:

(2.5)

dengan :

w = vektor pembobot

x = vektor input berupa data

b = nilai bias

Pada SVR *non-linear* pertama-tama data *input* x dipetakan oleh fungsi ke ruang *feature*. Dengan demikian fungsi regresi memiliki bentuk umum sebagai berikut:

(2.6)

dengan :

= fungsi yang memetakan x pada sebuah dimensi

w = vektor bobot

b = bias

min = (2.7)

Adapun tujuan untuk meminimalkan fungsi tersebut adalah untuk membuat fungsi menjadi setipis mungkin dan mengurangi kompleksitas perhitungan waktu sehingga waktu yang digunakan menjadi lebih cepat. Berikut merupakan fungsi agar dapat melakukan generalisasi dengan baik dengan batasan yang harus dipenuhi adalah titik harus berada pada rentang seperti pada persamaan berikut:

<= (2.8)

<= , dimana i=1,2,... (2.9)

Pada persamaan yang digunakan untuk meminimalkan fungsi regresi diasumsikan bahwa semua titik yang berada pada rentang disebut dengan istilah *feasible*, sedangkan apabila terdapat titik yang berada diluar rentang maka disebut dengan istilah *infeasible*, dimana dapat ditambahkan variabel *slack* untuk mengatasi masalah titik yang berada di rentang *f(x)*.



Gambar 2. 3 Ilustrasi SVR

Sumber : (Sanusi, Buono , & Faqih, 2014)

Semua titik yang berada di luar margin akan dikenai penalti sebesar C dengan syarat C > 0. Masalah optimasi untuk meminimalkan fungsi regresi dapat dijabarkan sebagai berikut:

**Gambar 2. SEQ Gambar\_2. \\* ARABIC 3 Fungsi Regresi Pada SVR**

Sumber : (Lumbantobing & Pasaribu, 2018)

C > 0 (2.10)

dengan :

C = nilai penalti

N = jumlah seluruh data

= titik di luar margin yang berada di atas hyperplane

= titik di luar margin yang berada berikut hyperplane

dengan ketentuan:

(2.11)

(2.12)

>= 0, dimana=1,2,... (2.13)

Sehingga diperoleh fungsi *linear* SVR seperti berikut:

(2.14)

Untuk kasus yang *non-linear* SVR digunakan persamaan seperti berikut:

(2.15)

dengan :

= fungsi kernel yang digunakan

= dual variabel lagrange multiplier

b = bias

## 2.10 Artificial Neural Network

*Artificial Neural Network* (ANN) atau jaringan saraf tiruan adalah pemodelan kompleks yang dapat memprediksi bagaimana ekosistem akan merespon perubahan variabel lingkungan, dan berguna dalam memproses informasi, terutama dalam sistem saraf biologis dalam sel otak manusia. Arsitektur jaringan syaraf tiruan memiliki beberapa lapisan, yang mana setiap lapisan memiliki jumlah node dan neuron yang berbeda - beda.



Gambar 2. 4 Arsitektur Algoritma Artificial Neural Network

Sumber : (Mahyunis, 2022)

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa jaringan syaraf tiruan terdiri dari tiga lapisan layer, diantaranya adalah :

1. Input Layer

*Input layer* merupakan lapisan yang terdiri dari *neuron - neuron* yang berfungsi menerima sinyal dari luar dan kemudian meneruskan ke neuron lain dalam jaringan (Yuniarti & Gunawan, 2021).

1. *Hidden layer*

*Hidden layer* merupakan tiruan dari sel - sel syaraf konektor pada jaringan syaraf biologis. yang mana lapisan ini berfungsi untuk meningkatkan kemampuan jaringan dalam memecahkan permasalahan (Yuniarti & Gunawan, 2021).

1. Output Layer

*Output layer* merupakan tiruan sel-sel syaraf motor pada jaringan syaraf biologis. lapisan ini berfungsi untuk menyalurkan sinyal-sinyal keluaran hasil proses jaringan (Yuniarti & Gunawan, 2021).

Keunggulan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) antara lain :

* + - 1. ANN memiliki kemampuan untuk menangani data *non-linear*. ANN memiliki kemampuan untuk memodelkan hubungan *non-linear* dalam data.
      2. ANN dapat memodelkan data yang kompleks. Dengan menggunakan jaringan dengan banyak lapisan dan *neuron*, ANN dapat mengatasi masalah regresi dengan banyak variabel input dan dapat menghasilkan prediksi yang akurat.
      3. ANN tidak memberlakukan batasan apapun pada variabel input. ANN dapat mempelajari hubungan tersembunyi dalam data tanpa memaksakan hubungan tetap dalam data. Kemampuan ini sangat berguna dalam peramalan data *time* *series* misalnya untuk prediksi harga saham.

(Mahanta, 2017)

## 2.11 Backpropagation

*Backpropagation* adalah salah satu bentuk metode *artificial neural network*. Metode ini menggunakan arsitektur *multilayer* dengan menggunakan metode pelatihan *supervised training* (Situmorang, 2022). Istilah *Backpropagation* mengacu pada bagaimana sebuah *error* dihitung mulai dari *output layer*, kemudian disebarkan ke *hidden layerr*dan berakhir pada *inputt layer*. Pada input layer tidak terjadi prosesskomputasi, namunnterjadi pengiriman sinyal *input* X ke *hiddennlayer*. Pada *hidden layer* dann*output layer* terjadiiproses komputasiiterhadap bobottdan bias, selain itu dilakukannperhitungan terhadap hasil dari *hidden layerr*ke *output layer* tersebuttdengan algoritma *Backpropagation*.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk pelatihan Backpropagation Neural Network adalah sebagai berikut :

**Fase 0 :**

Langkah 1 : Melakukan inisialisasi bobot, bias, *learning rate*, dan *epoch*.

Langkah 2 : Jika kondisi berhenti tidak dipenuhi, maka kerjakan langkah 3 dan seterusnya, yang mana dikatakan berhenti jika nilai *error* “<=” dari nilai target *error* (*threshold*) atau jika jumlah *epoch* “>=” maksimum *epoch* (iterasi).

**Fase 1 : Feed Forward Propagation**

Langkah 3 : Setiap unit pada *input layer* (p = 1, 2, 3, ….., n) akan menerima sinyal *inputan* () untuk diteruskan ke masing-masing *unit* yang berada di *hidden layer*.

Langkah 4 : Menghitung keluaran dari setiap *unit* tersembunyi (q = 1, 2, 3, …. , n) dengan menggunakan *dot product*, penambahan matrix, dan fungsi aktivasi.

Rumus perhitungan menggunakan *dot product* dan penambahan matrix :

+

(2.16)

dengan :

= keluaran untuk unit

= unit ke -q pada *hidden layer*

= neuron ke-p pada *input layer*

= bobot *neuron* *input* ke *neuron hidden*

= bias *neuron hidden* ke-q

Rumus perhitungan untuk mengaktifkan fungsi aktivasi dari nilai keluaran di masing-masing *neuron hidden* dengan menggunakan persamaan sigmoid :

) =

(2.17)

dengan :

= sinyal yang dikirim untuk *layer* berikutnya

e = nilai eksponensial dengan 2,718281….

Langkah 5 : Lakukan hal yang sama untuk menghitung keluaran setiap *unit* pada

layer berikutnya hingga mencapai keluaran pada *output layer* dengan menggunakan rumus berikut :

 . +

(2.18)

Gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal output, seperti pada persamaan:

) =

(2.19)

dengan :

= *unit* ke-r pada *output layer*

= keluaran untuk unit

= sinyal yang dikirim dari *hidden layer* ke *output layer*

= bobot *neuron hidden* ke *neuron output*

= bias *neuron output* ke-r

= keluaran untuk *output layer* yang akan menjadi nilai prediksi

e = nilai eksponensial dengan 2,718281….

Langkah 6 : Menghitung nilai *error/loss* dengan menggunakan persamaan *Mean Square Error* (MSE). Bentuk persamaan dari MSE adalah sebagai berikut.

*loss =*  (2.20)

dengan :

aktual = nilai aktual

= nilai prediksi

Bila nilai *error* yang dihasilkan > target *error* (*threshold*), lakukan *backpropagation* untuk memperbaharui parameter. Sebaliknya jika nilai error yang dihasilkan < target error maka nilai bobot dan bias disimpan untuk digunakan dalam pemodelan.

(Situmorang, 2022)

**Fase 2 : Backpropagation**

Langkah 7: Pencarian nilai dari *local gradient* dari setiap unit-unit di *output layer* dan *hidden layer*

Pada tahap *backpropagation* ini hal yang paling utama adalah menyesuaikan bobot yang akan menghasilkan sebuah output atau keluaran dengan *error* yang paling minimal. Dalam menyesuaikan bobot perlu dilakukan pencarian nilai dari *local gradient* dari setiap unit-unit di *output layer* dan *hidden layer*.

Pada pencarian *local gradient* di *hidden layer* dengan *output layer* berbeda, dilakukan pencarian dengan persamaan berikut :

. (2.21)

dengan :

aktual = nilai aktual

= nilai prediksi

= turunan aktivasi keluaran untuk unit

= selisih nilai aktual dan nilai prediksi

Langkah 8 : Menghitung delta bobot dan delta bias pada *output layer*

Selanjutnya dilakukan perhitungan delta bobot atau delta *weight* dan delta bias pada *output layer*. Perhitungan delta bobot ditunjukkan dengan persamaan:

(2.22)

dengan :

= menghitung korelasi bobot

= *learning rate*

= *local gradient* dikalikan dengan nilai dari unit pada

*hidden layer*.

Untuk menghitung nilai dari delta bias ditunjukkan dengan persamaan :

(2.23)

dengan :

= menghitung delta bias

= *learning rate* dengan *local gradient* pada *output*

Langkah 9 : Menghitung informasi *local gradient* di *hidden layer*

Pada *hidden layer* juga dilakukan perhitungan *local gradient* dan delta bobot, namun pada *hidden layer* terdapat perbedaan dalam perhitungan keduanya. Pada unit-unit *hidden layer* melakukan penjumlahan dari perkalian antara *local gradient output layer* dengan *weight*. Persamaan untuk menghitung informasi *local gradient* di *hidden layer* ditunjukkan dengan persamaan berikut ini :

(2.24)

dengan :

= bobot *neuron hidden* ke *neuron output*

= menghitung *local gradient* pada *output layer*

= turunan fungsi aktivasi pada *hidden layer*

Langkah 10 : Selanjutnya dilakukan perhitungan delta bobot dan delta bias pada *hidden layer*. Perhitungan delta bobot dihitung dengan persamaan :

(2.25)

dengan :

= delta bobot pada *hidden layer*

= *learning rate*

= *local gradient* dikalikan dengan *input* data

Untuk menghitung nilai dari delta bias ditunjukkan dengan persamaan :

(2.26)

dengan :

= menghitung delta bias

= *learning rate*

= *local gradient* pada *hidden layer*

**Fase 3: Update Bobot dan Bias**

Langkah 11 : Perubahan nilai bobot dan nilai bias

Pada perubahan bobot di output layer dan *hidden layer* dilakukan penjumlahan nilai dari bias lama dijumlahkan dengan nilai delta bobot. Pada setiap unit-unit ouput layer dilakukan perubahan bobot yang ditunjukkan dengan persamaan:

(2.27)

dengan :

= delta bobot baru pada *output layer*

= nilai bobot lama pada *output layer*

= delta bobot pada *output layer*

Untuk menghitung perubahan nilai bias ditunjukkan dengan persamaan :

(2.28)

dengan :

= delta bias baru pada *output layer*

= nilai bias lama pada *output layer*

= delta bias pada *output layer*

Pada *hidden layer* juga dilakukan perubahan nilai bobot dan perubahan nilai bias. Pada setiap unit-unit *hidden layer* dilakukan perubahan nilai bobot yang ditunjukkan dengan persamaan:

(2.29)

dengan :

= delta bobot baru pada *hidden layer*

= nilai bobot lama pada *hidden layer*

= delta bobot pada *hidden layer*

Untuk menghitung perubahan nilai bias ditunjukkan dengan persamaan :

(2.30)

dengan :

= delta bias baru pada *hidden layer*

= nilai bias lama pada *hidden layer*

= delta bias pada *hidden layer*

Langkah 12 : Test kondisi berhenti

Setelah dilakukan perbaikan bobot dan bias dilakukan test kondisi berhenti. Selain berdasarkan nilai *error* seperti pada langkah 6, perhitungan akan berhenti ketika nilai *epoch* (iterasi) yang dilakukan sudah mencapai nilai maksimum *epoch* yang sudah ditentukan.

Kelebihan dari algoritma *Backpropagation* ini antara lain adalah :

1. Algoritma *Backpropagation* mudah, cepat, dan simple untuk diprogram
2. Hanya perlu mengatur nilai inputan, tanpa mengatur parameter lain
3. Algoritma fleksibel dan efisien dalam penggunaannya.
4. Pengguna algoritma tidak perlu mempelajari fungsi spesial.

(Ishukatiyar, 2023)

## 2.12 Early Stopping

Pada saat melakukan pelatihan neural network, sangat penting dilakukan pencarian cara untuk menghindari *overfitting* pada data pelatihan. *Overfitting* mengacu pada model yang mempelajari data latih data latih dengan sangat baik (Mahyunis, 2022) . Keadaan *overfitting* dapat dilihat pada grafik nilai loss di bawah ini.



Gambar 2. 5 Model Overfitting

Berdasarkan **Gambar 2.5** di atas, *overfitting* terjadi ketika nilai *loss* pada data latih sudah membaik sedangkan nilai *loss* pada data uji mengalami kenaikan dibandingkan nilai *loss* data latih. Salah satu *hyperparameter* yang mempengaruhi keadaan model yang *overfitting* atau tidak adalah jumlah *epoch*. Jika jumlah *epoch* yang digunakan terlalu banyak, maka kemungkinan neural network akan *overfitting*. Di sisi lain, jika *epoch* yang digunakan terlalu sedikit, neural network memiliki kemungkinan untuk tidak memiliki kesempatan untuk mempelajari data latih sepenuhya (*Early Stopping*, 2020). *Early stopping* adalah teknik optimasi yang digunakan untuk mengatasi *overfitting* tanpa mengorbankan akurasi model. *Early stopping* akan menghentikan pelatihan ketika performansi model mulai memburuk yang dilihat berdasarkan dari nilai loss dan mulai terjadi *overfitting* (Mustafeez, 2023).

## 2.12 Performansi Model

Evaluasi hasil pada sebuah sistem adalah sebuah hal yang sangat penting untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari suatu sistem. Pengukuran evaluasi hasil ini dapat dilakukan untuk menentukan model terbaik yang dapat digunakan. Untuk mengukur performa dari model prediksi yang digunakan adalah dengan membandingkan nilai aktual dan nilai prediksi.

### 2.12.1 Mean Square Error

*Mean Square Error* (MSE) merupakan model evaluasi yang digunakan untuk

melakukan evaluasi terkait hasil yang diberikan oleh model dalam meramalkan

nilai atribut dependen yang merupakan data numeric berdasarkan nilai atribut

independen.Untuk melakukan perhitungan *Mean Square Error* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

(2.31)

*Mean Square Error* (MSE) digunakan untuk memeriksa kedekatan nilai prediksi atau *forecast* dengan nilai sebenarnya. Semakin rendah nilai MSE maka akan semakin menunjukkan kecocokan yang lebih baik antara nilai ramalan dengan nilai aktual.

### 2.12.2 Root Mean Square Error

*Root Mean Square Error* (RMSE) merupakan model evaluasi hasil yang menghitung tingkat kesalahan hasil prediksi dengan mencari nilai akar MSE antara nilai prediksi dengan nilai aktual yang diinterpretasikan dengan persamaan berikut ini.

(2.32)

(2.33)

Semakin kecil nilai RMSE yang dihasilkan model, maka nilai prediksi semakin akurat (Andriyani, 2021). RMSE yang lebih tinggi menunjukkan bahwa ada penyimpangan yang besar dari residual ke kebenaran dasar.

### 2.12.3 Mean Arctangent Absolute Percentage Error

*Mean Arctanget Absolute Percentage Error* (MAAPE) merupakan pengembangan dari Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dalam hal menghitung nilai akurasi dengan menghitung kesalahan dengan kemiringan sebagai sudut. Adapun kriteria perhitungan MAAPE adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Kriteria Perhitungan MAAPE

|  |  |
| --- | --- |
| MAAPE | Kriteria |
| < 10% | Kemampuan model prediksi sangat baik |
| 10% - 20% | Kemampuan model prediksi baik |
| 20% - 50% | Kemampuan model prediksi layak |
| > 50% | Kemampuan model prediksi buruk |

Rumus perhitungan MAPE adalah sebagai berikut:

(2.34)

keterangan:

At = nilai aktual

Ft = nilai prediksi

n = banyaknya data

semakin kecil nilai MAAPE, maka hasil prediksinya semakin baik (Suyudi, 2021).

## 2.13 Fungsi Aktivasi Backpropagation

Fungsi aktivasi dalam algoritma *backpropagation* berperan sebagai sinyal untuk menentukan keluaran dari neuron-neuron. Fungsi akan menentukan apakah sinyal dari *input* neuron akan diteruskan atau tidak, sehingga fungsi aktivasi berfungsi untuk menentukan apakah neuron tersebut harus aktif atau tidak berdasarkan *weighted sum* dari *input*. Ada beberapa bentuk fungsi aktivasi pada algoritma *backpropagation* antara lain :

* + - 1. Fungsi Aktivasi *Sigmoid*

Fungsi *sigmoid* merupakan fungsi *non-linear* yang memiliki *range* antara 0 sampai 1, sehingga fungsi ini sering digunakan untuk algoritma *backpropagation*  yang membutuhkan input berupa bilangan real dan *output*  yang terletak pada interval 0 sampai 1. Kekurangan dari fungsi *sigmoid* ini adalah dapat mematikan *gradient* dan *output* dari fungsi tidak *zero centered.*

Berikut ini adalah persamaan dari fungsi *sigmoid* :

(2.34)

dengan turunan

(2.35)

* + - 1. Fungsi Aktivasi TanH

Fungsi aktivasi *TanH* merupakan fungsi *non-linear* yang mengubah nilai *input* menjadi sebuah nilai yang memiliki *range* antara -1 sampai 1. Fungsi aktivasi *TanH* merupakan pengembangan dari fungsi *sigmoid.* Fungsi aktivasi *TanH* memiliki kekurangan yaitu bisa mematikan *gradient*, tetapi kelebihan dari fungsi ini adalah *output* yang dimiliki merupakan *zero-centered*.

(2.36)

* + - 1. Fungsi Aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU)

Fungsi aktivasi ReLU adalah lapisan aktivasi pada model yang mengaplikasikan fungsi = max (0, ), dapat dikatakan bahwa ReLU pada intinya hanya membuat pembatas pada bilangan nol, artinya apabila maka dan apabila maka . Kelebihan dari fungsi ini adalah mempecepat proses konvergensi yang dilakukan *stochastic gradient descent* (SGD) apabila dibandingkan dengan fungsi *sigmoid* dan *TanH*.

* + - 1. Fungsi Aktivasi Linear

Fungsi aktivasi *linear* merupakan fungsi yang memiliki nilai *output* yang sama dengan nilai i*nput*, dan dirumuskan sebagai berikut :

(2.37)

Hal ini berkaitan dengan, jika sebuah neuron menggunakan fungsi aktivasi *linear*, maka keluaran dari neuron tersebut adalah *weighted sum* dari *input* dijumlahkan dengan bias.

(Mahyunis, 2022)

## 2.14 Flask

Flask merupakan sebuah *web framework* yang diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dan tergolong sebagai salah satu jenis *microframework* dikarenakan tidak memerlukan suatu alat atau pustaka tertentu dalam penggunaannya. *Framework* yang dipelopori oleh Armin Ronacher ini jauh lebih ringan dan cepat karena dibuat dengan ide menyederhanakan inti *framework*-nya seminimal mungkin. Flask berfungsi sebagai kerangka kerja aplikasi dan tampilan dari suatu web. Dengan menggunakan Flask dan bahasa Python, pengembang dapat membuat sebuah web terstruktur dan dapat mengatur *behavior* suatu *web* dengan lebih mudah (Somya, 2018).

Sebagian besar fungsi dan komponen umum seperti validasi form, database, dan sebagainya tidak terpasang secara default pada Flask dikarenakan fungsi dan komponen-komponennya sudah dapat menggunakan ekstensi yang membuat fitur dan komponen-komponen tersebut seakan diimplementasikan oleh flask sendiri.

Tahapan singkat mengenai pembuatan *website* sederhana menggunakan *flask* :

1. Melakukan instalasi *python.*
2. Melakukan *setting Environment* atau yang sering disebut dengan mengatur *virtual environment* secara sederhana.
3. Melakukan *instalasi* *flask* melalui pip pada *command prompt*.
4. Membuat *code server*
5. Membuka URL hasil *coding.*

# BAB 3 ANALISIS

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis dan perancangan yang akan dilaksanakan dalam pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini.

## 3.1 Analisis Domain

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model untuk melakukan prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru di Institut Teknologi Del. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak institusi untuk melakukan promosi pada sekolah-sekolah yang nilai pendaftar dari asal sekolah tersebut masih sedikit. Dengan menggunakan data pendaftar pada masa PMB IT Del tahun 2016 sampai 2022, maka akan dilakukan penggunaan *Machine Learning* untuk mempelajari data yang ada.

Algoritma *Machine Learning* yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu, algoritma *Support Vector Regression* (SVR) dan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN). Kedua algoritma ini akan digunakan untuk melakukan prediksi dengan tujuan untuk melihat bentuk algoritma yang dapat mempelajari bentuk data yang diberikan. Bentuk data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah bentuk data *time series*, dimana kedua model algoritma akan mempelajari pola jumlah pendaftar dari tahun sebelumnya dan meramalkan berdasarkan pola tersebut. Pembagian data dilakukan dengan menggunakan metode *K-Fold Cross-Validation* untuk menemukan jumlah perbandingan *train set* dan *test set* yang paling optimal untuk kedua algoritma. Setelah dilakukan pembentukan model dengan algoritma-algoritma tersebut, akan dilakukan perbandingan hasil berdasarkan nilai RMSE terkecil dan menentukan model algoritma yang terbaik berdasarkan nilai RMSE tersebut.

## 3.2 Analisis Data

Pada subbab ini akan menjelaskan tentang data yang akan digunakan untuk mengetahui prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru. Data yang digunakan untuk memprediksi jumlah pendaftar merupakan data pendaftar calon mahasiswa baru yang diolah menjadi dataset yang dapat digunakan untuk pemodelan algoritma. Adapun sumber data dan keterangan lain dari data akan dijelaskan pada subbab berikut ini.

### 3.2.1 Sumber Data

Sumber data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yang merupakan penentu metode serta analisis pengolahan data diperoleh dari pusat akademik (BAAK) Institut Teknologi Del. Data yang diperoleh dari pusat akademik Institut Teknologi Del adalah data informasi peserta calon mahasiswa baru yang mendaftar melalui jalur PMDK, USM 1, USM 2, USM 3, USM 4, dan jalur UTBK. Adapun informasi yang didapatkan dari data tersebut adalah nama peserta, alamat peserta, nama orang tua peserta ,asal sekolah peserta, prodi pilihan peserta baik pilihan 1 maupun pilihan 2.

Tabel 3. 1 Informasi yang diperoleh dari BAAK IT Del

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabel** | **Type data** | **Deskripsi** |
| No Pendaftar | *Integer* | No peserta pendaftar calon mahasiswa baru |
| Nama Siswa | *String* | Nama peserta calon mahasiswa baru |
| Asal Sekolah | *String* | Sekolah asal peserta pendaftar calon mahasiswa baru |
| Pilihan I | *Categorical* | Jurusan pilihan pertama calon peserta |
| Pilihan II | *Categorical* | Jurusan pilihan kedua calon peserta |
| Jenis Kelamin | *Categorical* | Jenis kelamin pendaftar calon mahasiswa baru |
| No Telepon | *Integer* | Nomor telepon dari peserta calon mahasiswa baru |

### 3.2.2 Seleksi Data

Dalam penelitian ini akan dilakukan penyeleksian data yang akan digunakan dalam prediksi. Seleksi data ini dilakukan untuk membentuk dataset yang akan digunakan dalam membentuk model dan prediksi. Berdasarkan data pendaftar yang telah diterima, data yang digunakan adalah tahun pendaftar dan data asal sekolah peserta.

## 3.3 Data *Preprocessing*

*Data preprocessing* adalah suatu teknik yang dilakukan untuk mengolah data dengan tujuan data tersebut siap digunakan pada pemodelan dengan algoritma yang akan digunakan. Pada penelitian ini tahapan *data preprocessing* yang dilakukan peneliti adalah sebagai berikut.

### 3.3.1 Integrasi Data

Pada tahapan ini peneliti melakukan penggabungan data jumlah pendaftar yang diperoleh dari jalur seluruh jalur yang dibuka oleh institusi dan data pendaftar dari tahun 2016 sampai 2022. Berdasarkan penggabungan data ini dihasilkan dataset yang berisi nama sekolah dan jumlah pendaftar dari asal sekolah untuk setiap tahunnya. Berdasarkan proses integrasi data yang telah dilakukan maka diperoleh dataset dengan tiga atribut sebagai berikut ini :

Tabel 3. 2 Atribut pada dataset

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Atribut** | **Tipe Data** | **Deksripsi** |
| Nama Sekolah | Character | Nama asal sekolah yang mendaftar |
| Jumlah Pendaftar pada tahun 2016 | Numerik | Jumlah pendaftar pada tahun 2016 |
| Jumlah Pendaftar pada tahun 2017 | Numerik | Jumlah pendaftar pada tahun 2017 |
| Jumlah Pendaftar pada tahun 2018 | Numerik | Jumlah pendaftar pada tahun 2018 |
| Jumlah Pendaftar pada tahun 2019 | Numerik | Jumlah pendaftar pada tahun 2019 |
| Jumlah Pendaftar pada tahun 2020 | Numerik | Jumlah pendaftar pada tahun 2020 |
| Jumlah Pendaftar pada tahun 2021 | Numerik | Jumlah pendaftar pada tahun 2021 |
| Jumlah Pendaftar pada tahun 2022 | Numerik | Jumlah pendaftar pada tahun 2022 |

Sehingga Dataset yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Dataset hasil integration

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nama Sekolah** | **Jumlah Pendaftar** | | | | | | |
| 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| SMA Bintang Timur Balige | 70 | 54 | 53 | 110 | 46 | 48 | 53 |
| SMA Bintang Timur Pematang Siantar | 30 | 19 | 6 | 7 | 18 | 8 | 2 |
| SMK Bintang Timur Pematang Siantar | 7 | 6 | - | 1 | 2 | 1 | 1 |

### 3.3.2 Data Encoding

Pada tahapan ini peneliti melakukan pengubahan variabel teks ke dalam bentuk numerik dengan tujuan agar variabel tersebut dapat diolah dalam pembelajaran mesin. Pada data yang ada, variabel yang diubah adalah variabel nama sekolah. Pengubahan bentuk data teks ini dilakukan dengan menggunakan teknik *encoding*, dimana data nama sekolah diubah ke dalam bentuk numerik 1,2,3,.., dst.

## 3.4 Analisis Algoritma SVR

SVR merupakan penerapan support vector machine (SVM) pada kasus regresi. Dalam kasus regresi output yang digunakan berupa bilangan riil atau continue. Dalam mengatasi permasalahan *overfitting* SVR dapat digunakan sehingga mendapatkan nilai performansi yang bagus. Model SVR sering digunakan untuk meminimalkan jumlah *square error*, yang mana SVR ini merupakan teori yang diadaptasi dari teori machine learning yang sudah digunakan untuk mengatasi masalah klasifikasi.

**Perhitungan SVR**

Untuk melakukan perhitungan terdapat beberapa langkah yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Menginisialisasi awal untuk nilai α, C, epsilon, gamma, lambda:

Tabel 3. 4 Inisialisasi nilai parameter

|  |  |
| --- | --- |
| **Inisialisasi Parameter** | |
| C | 1 |
| alpha | 0,5 |
| epsilon | 0,1 |
| gamma | 0,167 |
| lambda | 0,5 |
| alpha star | 1 |
| Bias | 0,5 |

1. Masukkan data uji

Jumlah data yang digunakan untuk hitungan manual yaitu 5 data, dimana 4 data sebagai data latih dan 1 sebagai data uji dan jumlah variabel yang digunakan yaitu 6 variabel. Data yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 5 Data Uji

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nama Sekolah** | Jumlah Pendaftar 2016  (X1) | Jumlah Pendaftar 2017  (X2) | Jumlah Pendaftar 2018  (X3) | Jumlah Pendaftar 2019  (X4) | Jumlah Pendaftar 2020  (X5) | Jumlah Pendaftar 2021  (X6) | Jumlah Pendaftar 2022  (Y) |
| SMA Kampus FKIP HKBP Nomensen | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,20 | 0,18 | 0,00 |
| SMA Kristen Kalam Kudus Pematang Siantar | 0,19 | 1,00 | 0,58 | 0,47 | 0,32 | 0,35 | 0,32 |
| SMA Budi Mulia Pematang Siantar | 1,00 | 0,92 | 0,21 | 0,58 | 0,59 | 0,32 | 0,19 |
| SMA Yadika 6 | 0,00 | 0,02 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 |
| SMA Bintang Timur Pematang Siantar | 0,79 | 0,36 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Data yang digunakan adalah :

Tabel 3. 6 Data Uji

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **X1** | **X2** | **X3** | **X4** | **X5** | **X6** | **Y** |
|  | **A1** | **A2** | **A3** | **A4** | **A5** | **A6** | **Y** |
| A1 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,20 | 0,18 | 0,00 |
| A2 | 0,19 | 1,00 | 0,58 | 0,47 | 0,32 | 0,35 | 0,32 |
| A3 | 1,00 | 0,92 | 0,21 | 0,58 | 0,59 | 0,32 | 0,19 |

1. Pada metode kernel, data tidak dipresentasikan secara individual, melainkan melakukan perbandingan antara sepasang data. Setiap data akan dibandingkan dengan dirinya sendiri dan data lainnya. Maka untuk data latih yang berjumlah 3 data dan data uji yang berjumlah 2 data, maka hasil perbandingan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 7 Pasangan Data

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 |
| A1 | K(A1,A1) | K(A1,A2) | K(A1,A3) | K(A1,A4) | K(A1,A5) | K(A1,A6) |
| A2 | K(A2,A1) | K(A2,A2) | K(A2,A3) | K(A2,A4) | K(A2,A5) | K(A2,A6) |
| A3 | K(A3,A1) | K(A3,A2) | K(A3,A3) | K(A3,A4) | K(A3,A5) | K(A3,A6) |

Semua data dihitung dengan cara yang sama, baris x kolom dengan sehingga dikarenakan adanya 3 data uji, maka diperoleh matriks 3 x 6. Pada tugas akhir ini kernel yang digunakan yaitu *kernel radial basis function* dengan menggunakan persamaan 2.4 berikut:

Maka untuk perhitungan dengan kernel RBF yaitu:

**K(A1,A1)** = exp(-0,167||0,29-0,29||2)+exp(-0,167||0,19-0,19||2)+exp(-0,167||1,00-1,00||2) = 3

**K(A1,A2)** = exp(-0,167||0,29-0||2)+exp(-0,167||0,19-1||2)+exp(-0,167||1,00-0,92||2) = 3,881139032

maka untuk hasil perhitungan dengan menggunakan kernel rbf yaitu:

Tabel 3. 8 Hasil Perhitungan RBF

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **A1** | **A2** | **A3** | **A4** | **A5** | **A6** |
| **A1** | 3 | 2,88120583 | 2,861995465 | 2,95062577 | 2,96814757 | 2,99798134 |
| **A2** | 2,881139302 | 3 | 2,885417662 | 2,93391731 | 2,900938976 | 2,868062698 |
| **A3** | 2,855984901 | 2,885417662 | 3 | 2,968299609 | 2,95227962 | 2,977779196 |

1. Menghitung matriks dengan rumus:

(3.1)

dimana:

Dij = elemen matriks ke-ij

yi= kelas data ke-i

yj= kelas data ke-j

λ = batas teoritis yang akan diturunkan

Contoh perhitungan:

D11 = (0) (0) (4+0,25) = 0

Sehingga didapatkan hasil perhitungan matriks Hessian adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 9 Hasil Perhitungan Matriks Hessian

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **A1** | **A2** | **A3** | **A4** | **A5** | **A6** |
| **A1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **A2** | 0,4230286645 | 0,4352 | 0,4234667686 | 0,4284331323 | 0,4250561511 | 0,421689620 |
| **A3** | 0,1482260549 | 0,1492885776 | 0,153425 | 0,1522806159 | 0,1517022943 | 0,152622829 |

1. Mencari nilai error menggunakan rumus:

Ei = (3.2)

Dimana Ei = nilai error data ke-i

E1 = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0

Maka didapatkan setiap nilai error data:

Tabel 3. 10 Hasil Perhitungan Nilai Error

|  | **Error** |
| --- | --- |
| A1 | 0 |
| A1 | 1,278437168 |
| A3 | 0,4537726859 |

1. Menghitung nilai delta alpha

(3.3)

min{max[0,167(1 - 0),- 0,5],1 - 0,5}

min{max(0,167,- 0,5),0,5}

min{0,167,0,5}

0,167

Hasil perhitungan delta alpha:

Tabel 3. 11 Hasil Perhitungan Delta Alpha

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Delta Alpha** |
| **A1** | 0,167 |
| **A2** | -0,04649900706 |
| **A3** | 0,09121996145 |
| **A4** | 0,1195388175 |

Karena nilai maksimum delta alpha adalah 0,167 dan lebih dari epsilon (0,1) maka iterasi berlanjut.

1. Menghitung nilai baru dengan menggunakan rumus:

(3.4)

Contoh perhitungan:

0,035

Tabel 3. 12 Hasil Perhitungan Nilai Alpha Baru

|  |  |
| --- | --- |
| **Alpha** | |
| A1 | 0,667 |
| A2 | 0,4535009929 |
| A3 | 0,5912199615 |

1. Melakukan pencarian nilai w dengan menggunakan rumus:

(3.5)

Contoh perhitungan:

W1 = 0,667-1 = -0,333

W2 = 0,4535009929 - 1 = -0,5464990071

Maka hasil perhitungan w adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 13 Hasil Perhitungan Nilai Alpha Star

|  |  |
| --- | --- |
| **Alpha Star** | |
| A1 | -0,333 |
| A2 | -0,5464990071 |
| A3 | -0,4087800386 |

Setelah nilai w ditemukan maka dapat dilakukan perhitungan dalam fungsi pada persamaan 2.15 yaitu:

Nilai bias(b) merupakan nilai yang diambil secara random pada komputer. Misalkan inisialisasi nilai b = 0,5.

Contoh perhitungan 2 data untuk melakukan testing:

Tabel 3. 14 Data Uji yang Ditesting

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nama Sekolah | Jumlah Pendaftar 2016  (X1) | Jumlah Pendaftar 2017  (X2) | Jumlah Pendaftar 2018  (X3) | Jumlah Pendaftar 2019  (X4) | Jumlah Pendaftar 2020  (X5) | Jumlah Pendaftar 2021  (X6) | Jumlah Pendaftar 2022  (Y) |
| SMA Kristen Kalam Kudus Pematang Siantar | 0,19 | 1,00 | 0,58 | 0,47 | 0,32 | 0,35 | 0,32 |

Perhitungan kernel (*dot product* baris data testing dengan kolom data training), dengan nilai yang telah didapatkan sebelumnya, maka diperoleh hasil menggunakan fungsi y sebagai berikut:

Tabel 3. 15 Hasil Alpha Star yang didapat sebelumnya

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| A1 | -0,333 |
| A2 | -0,5464990071 |
| A3 | -0,4087800386 |

Untuk data testing maka diperoleh hasil prediksi sebagai berikut:

y = (- 0,333 \* 0,19) + (- 0,333 \* 1,00) + (- 0,333 \* 0,58) + (- 0,333 \* 0,47) + (- 0,333 \* 0,32) + (- 0,333 \* 0,35) + 0,5 = 0,13603

Kemudian dilakukan proses denormalisasi, untuk mendapat kan nilai real kembali. Maka prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru tahun 2022 dari sekolah SMA Kalam Kudus Pematang Siantar adalah sebanyak 15 jumlah pendaftar calon mahasiswa.

## 3.5 Analisis Algoritma ANN Backpropagation

Backpropagation merupakan salah satu bentuk metode dalam *artificial neural network* (ANN) yang populer. Metode ini memiliki kemampuan yang unggul untuk belajar, beradaptasi akan suatu objek, dan memiliki toleransi terhadap *error*. Pada prosesnya algoritma *Backpropagation* ini dimulai dari tahapan *feedforward propagation*, kemudian melakukan perhitungan *error* dari *output*, dan dilanjutkan tahapan backpropagation.

* + - 1. Inisialisasi Bias dan Bobot

Sebelum dilakukan pemodelan, perlu dilakukan inisialisasi bobot dan bias terlebih dahulu. Bobot dan bias dipilih secara acak yang diambil dari rentang 0 sampai 1, seperti yang tampak pada tabel berikut :

Tabel 3. 16 Nilai bias dari input layer ke hidden layer

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| (bias, *hidden layer*) | (,1) | (,2) | (,3) |
| (1, ) | 0,48 | 0,50 | 0,65 |

Tabel 3. 17 Nilai bobot dari inputan layer ke hidden layer

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| (*input*, *hidden layer*) | (,1) | (,2) | (,3) |
| (1, ) | 0,20 | 0,50 | 0,50 |
| (2, ) | 0,15 | 0,20 | 0,40 |
| (3, ) | 0,30 | 0,10 | 0,35 |
| (4, ) | 0,40 | 0,25 | 0,15 |
| (5, ) | 0,18 | 0,30 | 0,25 |
| (6, ) | 0,22 | 0,45 | 0,30 |

Setelah bias dan bobot dari *input layer* ke *hidden layer* ditentukan selanjutnya kita menentukan nilai bias dan bobot dari *hidden layer* ke *output layer*.

Tabel 3. 18 Nilai bias dari hidden layer ke output layer

|  |  |
| --- | --- |
| (*bias, output*) | (,1) |
| (2, ) | 0,50 |

Tabel 3. 19 Nilai bobot dari hidden layer ke output layer

|  |  |
| --- | --- |
| (*hidden layer*, *output*) | (,1) |
| (1, ) | 0,60 |
| (2, ) | 0,35 |
| (3, ) | 0,50 |

* + - 1. Inisialisasi *Hyperparameter*

Setelah dilakukan inisialisasi *parameter* bobot dan bias, maka selanjutnya dilakukan inisialisasi *hyperparameter* seperti *learning rate, epoch*, dan target *error* (threshold). Nilai *hyperparameter* yang akan digunakan pada analisis ini adalah *learning rate*=0.1 , epoch=1, target error (*threshold*) = 0.3, dan jumlah neuron pada *hidden layer* =3 neuron.

* + - 1. Feedforward Propagation

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan dengan menjumlahkan nilai bobot dan bias yang telah ditentukan sebelumnya untuk memperoleh nilai keluaran yang dihasilkan di setiap layer berdasarkan nilai yang dikirim mulai dari input layer ke *hidden layer* dan kemudian dari *hidden layer* ke *output layer*. Berikut tahapan *feedforward propagation* yang dilakukan:

1. Feedforward Propagation dari Input Layer ke *Hidden layer*

Nilai data input pada baris kedua (data sekolah SMA Kalam Kudus Pematang Siantar) akan dikirimkan untuk menghasilkan keluaran pada output layer, yang mana sebelum sampai ke output layer, sinyal yang dikirimkan dari input layer akan terlebih dahulu melalui *hidden layer*. Untuk itu pada tahap ini akan dihitung berapa sinyal yang diterima oleh masing-masing unit yang ada di *hidden layer* dengan menggunakan persamaan 2.16.



+



.

+ [ 0.48 0.50 0.65]

= [0.685 0.724 0.954] + [ 0.48 0.50 0.65]

= [1.165 1.224 1.604]

Setelah dilakukan penghitungan sinyal-sinyal inputan terbobot, selanjutnya akan dilakukan penghitungan fungsi aktivasi dari sinyal inputan terbobot. Untuk melakukan perhitungan fungsi aktivasi digunakan persamaan 2.17.

=

=

=

=

1. Feedforward Propagation dari *Hidden layer* ke Output Layer

Dari hasil perhitungan *feedforward propagation* dari *input layer* ke *hidden layer,* akan dilanjutkan dengan menghitung nilai keluaran untuk masing-masing unit di *hidden layer* yang di kirimkan ke *output layer*. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan ini adalah persamaan 2.18.

. +

 . +

[1.144] +

[1.644]

Selanjutnya, sinyal yang diterima dari *hidden layer* ke *output layer* dihitung kembali dengan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid seperti berikut, yang mana hasil dari perhitungan ini akan menjadi nilai y atau prediksi jumlah pendaftar terhadap data yang dilatih. Perhitungan ini menggunakan persamaan 2.11.4 seperti berikut :

= =

=

1. Menghitung Nilai Error / Loss

Berdasarkan perhitungan *feedforward propagation* yang dilakukan, diperoleh nilai prediksi jumlah pendaftar untuk data yang dipilih adalah 0.838. Selanjutnya dengan menggunakan nilai prediksi yang dihasilkan, akan dilakukan perhitungan nilai *error* dengan menggunakan *Mean Square Error* (MSE). Bila nilai MSE yang diperoleh lebih kecil dengan nilai target error yang telah ditentukan sebelumnya, maka nilai prediksi tersebut dapat dipastikan akan menjadi hasil akhir. Namun, jika nilai MSE yang diperoleh lebih besar dari nilai target error, maka akan dilakukan pembaruan bobot dan bias dengan menggunakan *backpropagation*.

Dengan menggunakan persamaan 2.20, nilai *loss* dapat ditentukan seperti berikut ini.

*loss* =

**=**

**= (**0.268)

= 0.134

* + - 1. Backpropagation

Karena nilai *loss <* nilai target *error*, yaitu 0.134 < 0.3, maka untuk tahapan backpropagation tidak perlu dilakukan. Sehingga nilai prediksi yang dilakukan pada tahapan sebelumnya merupakan hasil akhir prediksi.

## 3.6 Analisis Evaluasi Model

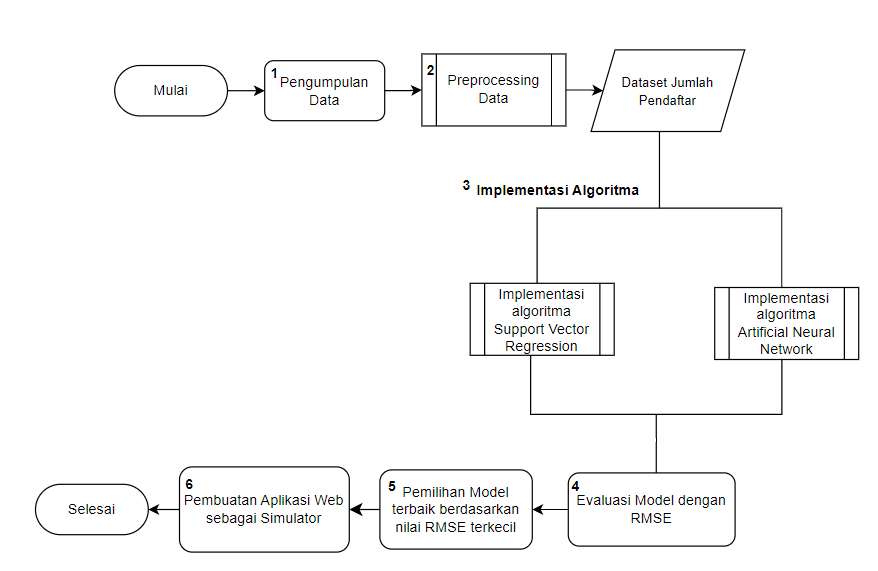
Setelah dilakukan analisis terhadap kedua model, selanjutnya akan dilakukan evaluasi terhadap kedua model tersebut. Pada evaluasi model akan menggunakan model RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan model dalam prediksi suatu nilai numerik. Seperti yang telah disampaikan pada [**subbab 2.12.2**](#_2.11.2__Root) mengenai RMSE, bahwa semakin kecil nilai RMSE yang dihasilkan model, maka nilai prediksi semakin akurat. Evaluasi model RMSE memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah :

1. RMSE memberikan hasil dalam satuan yang sama dengan target, sehingga mudah dipahami dan diinterpretasikan.
2. RMSE memperhitungkan semua nilai residual (perbedaan nilai antara nilai aktual dan nilai prediksi) sehingga lebih sensitif terhadap perbedaan besar antara nilai aktual dan nilai prediksi.
3. RMSE menunjukkan performa model secara keseluruhan, bukan hanya performa pada titik tertentu.

# BAB 4 PERANCANGAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai rancangan penelitian yang dilakukan dalam melakukan pengerjaan Tugas Akhir.

## 4.1 Rancangan Desain Penelitian



Gambar 4. 1 Rancangan desain penelitian yang dilakukan

Berikut penjelasan terkait rancangan penelitian yang akan dilakukan :

1. Pengumpulan data

Pada penelitian ini data yang digunakan diperoleh dari kantor pusat akademik (BAAK) Institut Teknologi Del. Data yang diperoleh dari BAAK Institut Teknologi Del adalah data pendaftar calon mahasiswa baru yang mendaftar pada seluruh jalur pendaftaran yang dibuka institusi. Data pendaftar diperoleh secara terpisah berdasarkan jalur pendaftarannya. Data yang dikumpulkan merupakan data mulai dari 2016 sampai dengan 2022.

1. Data *Preprocessing*

Pada tahapan ini data yang telah dikumpulkan akan dilakukan tahapan *preprocessing* data untuk mempersiapkan data sebelum digunakan dalam implementasi algoritma. Setelah melewati tahapan ini akan menghasilkan dataset yang telah siap untuk digunakan dalam pemodelan.

1. Implementasi Algoritma

Pada tahapan ini data akan dimasukkan ke dalam bentuk pemodelan algoritma. Pemodelan algoritma akan dilakukan secara terpisah antara pemodelan algoritma *support vector regression* dan pemodelan algoritma *artificial neural network*. Implementasi setiap algoritma akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

1. Evaluasi Model

Pada tahapan ini akan dilakukan evaluasi terhadap kedua model algoritma yang telah dibuat pada tahapan sebelumnya. Evaluasi model ini akan dilakukan pencarian nilai RMSE dan akurasi dari setiap model algoritma.

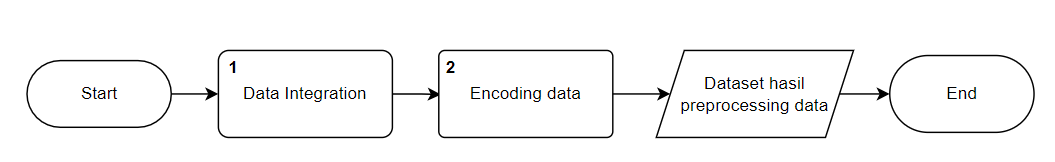
1. Pemilihan Algoritma Terbaik

Pada tahapan ini akan dilakukan pemilihan algoritma terbaik dari antara algoritma *support vector regression* dan *artificial neural network*. Penentuan algoritma terbaik ini dilihat berdasarkan nilai RMSE terkecil. Seperti yang dijelaskan pada [**subbab 2.13.2**](#_2.13.2__Root), bahwa semakin kecil nilai RMSE yang dihasilkan maka model tersebut akan semakin baik.

1. Pembuatan Simulator

Setelah dilakukan pembentukan model dan penentuan model algoritma terbaik, selanjutnya akan dilakukan pembangunan aplikasi web yang akan digunakan sebagai simulator. Pembentukan aplikasi ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemograman *python* dan *framework* *flask*. Pada aplikasi akan terdapat fitur SVR dan ANN, dimana pada kedua fitur akan melakukan prediksi dengan bentuk modelnya masing-masing.

## 4.2 Rancangan *Preprocessing* Data



Gambar 4. 2 Rancangan pelaksanaan *preprocessing* data

Berdasarkan **Gambar 4.2** di atas, terlihat bahwa rancangan *preprocessing* data yang dilakukan dengan penjelasan seperti berikut :

1. Data Integration

Pada tahapan ini data yang telah dikumpulkan akan digabungkan seperti pada [**subbab 3.3.1**](#_3.3.1_Data_Integration).Penggabungan data ini dilakukan secara manual oleh peneliti dan akan menghasilkan bentuk atribut seperti pada **tabel 3.2** sehingga bentuk dataset yang dihasilkan adalah seperti pada **tabel 3.3.**

1. Encoding Data

Pada tahapan encoding data ini, peneliti melakukan pengubahan bentuk data nama sekolah dari bentuk teks ke bentuk numerik dengan tujuan agar nama sekolah dapat digunakan dalam pemodelan. Pelaksanaan *encoding* data ini akan dijelaskan pada [**subbab 5.3.1**](#_5.3.1.__Encoding) dan hasil akan dijelaskan pada [**subbab 6.1**](#_6.1.__Hasil). Hasil akhir yang akan diperoleh dari tahapan *encoding* data adalah dataset baru yang sudah dapat digunakan dan dipelajari oleh model algoritma.

## 4.3 Rancangan Implementasi Algoritma

Berikut ini adalah rancangan implementasi algoritma yang digunakan dalam penelitian.

### 4.3.1 Rancangan Implementasi Algoritma SVR



Gambar 4. 3 Flow Algoritma Support Vector Regression

Berdasarkan **Gambar 4.3**diatas, langkah-langkah pengerjaan algoritma *Support Vector* *Regression* dilakukan dengan beberapa tahapan dengan rincian masing-masing tahapan adalah sebagai berikut :

* + - 1. Melakukan pembagian dataset

Dataset yang digunakan akan dilakukan pembagian untuk data latih dan data uji. Pada proses pembagian dataset ini digunakan menggunakan teknik *K-Fold Cross Validation*, yang mana untuk rentang nilai k yang digunakan yaitu mulai nilai k=2 sampai nilai k=10.

* + - 1. Melakukan inisialisasi kernel dan parameter

Kernel yang digunakan pada SVR terdiri dari 4 kernel yaitu *linear, RBF, sigmoid, dan polynomial*. Sedangkan untuk inisialisasi Parameter SVR terdiri dari beberapa parameter ε (nilai *epsilon* untuk zona yang masih dapat diterima), C (*cost*), γ untuk masukan fungsi kernel yang digunakan dan jumlah iterasi maksimum. Untuk nilai parameter *cost* akan diinisialisasikan pada nilai 0,1, 1, 10, 100, kemudian parameter *epsilon* pada nilai 0,01, 0,1, 1 dan untuk parameter gamma berada pada nilai 0,001, 0,01, 0,1, dan 1 (Sepri & Fauzi, 2020).

* + - 1. Melakukan pencarian kernel dan parameter terbaik dengan menggunakan *Gridsearch*

*Gridsearch* akan digunakan untuk menemukan parameter dan kernel terbaik berdasarkan nilai yang telah diinisialisasikan untuk mendapatkan nilai error yang paling rendah.

1. Melakukan pemodelan dengan algoritma SVR

Kernel dan parameter terbaik yang telah didapatkan menggunakan *gridsearch* kemudian digunakan untuk melakukan pemodelan menggunakan algoritma SVR.

1. Melakukan prediksi menggunakan SVR

Model terbaik telah didapatkan dan dapat digunakan untuk melakukan prediksi.

### 4.3.2 Rancangan Implementasi Algoritma ANN Backpropagation



Gambar 4. 4 Flow Algoritma ANN Backpropagation

Berdasarkan **Gambar 4.4**, langkah implementasi algoritma *backpropagation* dilakukan dengan beberapa tahapan dengan rincian dari masing – masing tahapan adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi Nilai

Pada tahapan ini, untuk memulai tahapan pemodelan algoritma perlu dilakukan inisialisasi nilai *hyperparameter* seperti nilai *learning rate*, *epoch*, jumlah neuron *hidden layer*, dan fungsi aktivasi. Beberapa *hyperparameter*, seperti fungsi aktivasi, jumlah neuron pada *hidden layer*, dan *learning rate*, akan dilakukan pencarian nilai terbaik diantara beberapa nilai yang akan digunakan dengan menggunakan teknik *gridsearch*. Berikut adalah nilai-nilai *hyperparameter* yang diinisialisasikan untuk model.

Tabel 4. 1 Inisialisasi Hyperparameter ANN

|  |  |
| --- | --- |
| ***Hyperparameter*** | **Nilai** |
| Learning rate | 0.01, 0.001 |
| Jumlah neuron *hidden layer* | 12, 16, 24, 32, 64, 128 |
| Fungsi Aktivasi *hidden layer* | Sigmoid, Tanh, ReLu |

Jika dilihat pada **Tabel 4.1** di atas, bahwa *hyperparameter learning rate,* jumlah neuron pada *hidden layer*, dan fungsi aktivasi didefinisikan dengan beberapa nilai. *Learning* *rate* diinisialisasikan dengan nilai 0.01 dan 0.001 ditentukan dari nilai learning rate yang pernah digunakan pada penelitian sebelumnya (Mahyunis, 2022). Berlandaskan dengan jurnal yang sama dengan *learning rate*, penggunaan fungsi aktivasi yang diinisialisasi juga berdasarkan penelitian sebelumnya, dimana peneliti menggunakan percobaan pada tiga fungsi aktivasi seperti *ReLU, sigmoid, dan tahn*. Dari keempat bentuk fungsi aktivasi tersebut, peneliti mencoba mencari fungsi aktivasi yang optimal digunakan pada bentuk dataset yang akan dimodelkan. Inisialisasi *hyperparameter* selanjutnya yang diinisialisasi adalah jumlah neuron yang akan digunakan pada *hidden layer*. Nilai-nilai tersebut diambil dari penelitian yang sebelumnya (Rusdi et al., 2021) dan (Rizal, 2014) yang juga melakukan percobaan nilai *epoch* dengan nilai-nilai tersebut.

1. Pencarian nilai terbaik dengan *Gridsearch*

Pada tahapan ini, nilai-nilai yang sudah diinisialisasi pada tahapan sebelumnya akan diproses oleh library *GridSearch* untuk mencari nilai-nilai yang terbaik dari seluruh nilai yang telah diinisialisasi untuk setiap *hyperparameter*. Parameter yang akan diolah dengan teknik *gridsearch* adalah *learning rate,* jumlah neuron pada *hidden layer,* dan fungsi aktivasi.

1. Pembentukan Model

Pada tahapan ini dilakukan pembentukan model ANN yang mana model terdiri dari input layer, *hidden layer*, dan *output layer*. Dalam pembentukan model nilai-nilai *hyperparameter* yang telah diinisialisasikan pada tahapan sebelumnya dipanggil untuk digunakan dalam *training* model.

1. Pelatihan Model

Pada tahapan ini akan dilakukan pelatihan model sesuai dengan bentuk model yang dibuat dan nilai *hyperparameter* yang telah diinisialisasi. Di dalam pembentukan model, akan terjadi tahapan *feedforward*, perhitungan *loss*, dan *backpropagation* yang tidak terlihat secara langsung ketika model dilatih.

Pada tahapan *feedforward* nilai inputan data akan dimasukkan ke dalam input layer dan akan dihitung nilai output untuk setiap neuron dengan memperhitungkan bobot, bias, dan fungsi aktivasi. Nilai bobot dan bias pada proses ini akan dihasilkan secara otomatis oleh model. Kemudian setiap output akan disimpan untuk digunakan pada tahap berikutnya.

Pada tahapan perhitungan *loss*, nilai *output* yang dihasilkan pada tahapan *feedforward* akan dicari nilai *loss*-nya terhadap nilai target yang diinginkan. Nilai *loss* ini menggambarkan sejauh mana prediksi jaringan mendekati nilai target sebenarnya.

Pada tahapan backpropagation akan terjadi perhitungan *gradien loss* terhadap bobot dan bias yang dihasilkan langsung oleh model. Gradien ini mengindikasikan seberapa besar perubahan yang harus diterapkan pada bobot dan bias untuk mengurangi *loss*.

1. Kondisi Waktu Berhenti

Pada tahapan ini, selama proses *train* akan dilakukan pengecekan nilai *epoch* dimana ketika iterasi yang terjadi selama proses *training* sudah mencapai nilai *epoch* yang ditentukan maka proses *training* akan dihentikan dan ketika belum mencapai nilai *epoch* maksimum maka *training* akan terus dilakukan.

## 4.4 Rancangan Aplikasi Del Predict

Del Predict merupakan aplikasi web yang digunakan untuk melakukan prediksi terhadap jumlah pendaftar calon mahasiswa baru. Pada aplikasi akan terdapat dua fitur yaitu fitur SVR untuk melakukan prediksi dengan algoritma *support vector regression* dan fitur ANN untuk melakukan prediksi dengan algoritma *artificial neural network*. Pembangunan aplikasi ini akan menggunakan tools HTML dan Bootstrap dalam membuat halaman tampilan dan akan menggunakan python dalam membuat *server*. Untuk rancangan *use case* dari aplikasi dapat dilihat pada [**Lampiran C Rancangan Aplikasi Del Predict**](#_Lampiran_C_Rancangan_1).

# BAB 5 IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai lingkungan implementasi, batasan, pengumpulan data, *data preprocessing*, pembentukan model untuk prediksi, dan pembuatan aplikasi web sebagai simulator prediksi.

## 5.1 Lingkungan Implementasi

Sub-bab ini akan menjelaskan mengenai spesifikasi *hardware* (perangkat keras) dan *software* ( perangkat lunak) yang digunakan dalam proses implementasi selama masa penelitian.

* 1. Hardware

Spesifikasi *hardware* yang digunakan antara lalin :

Tabel 5. 1 Spesifikasi Hardware

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Hardware** | **Spesifikasi** |
| 1 | Laptop | Asus Laptop X507UF |
| 2 | *Processor* | Intel(R) Core(TM) i7-8550U CPU @1.80GHz(8CPU) |
| 3 | RAM | 8 GB |

* 1. Software

Spesifikasi *software* yang digunakan antara lain :

Tabel 5. 2 Spesifikasi Software

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Software** | **Spesifikasi** |
| 1 | Sistem Operasi | Windows 10 |
| 2 | Development Tools | Google Colaboratory, Jupyter Notebook |
| 3 | Bahasa Pemograman | Python |
| 4 | Web Browser | Google Chrome |
| 5 | Dokumentasi | Ms. Word, Google docs. |

## 5.2 Batasan Implementasi

Batasan implementasi yang ditetapkan dalam implementasi tugas akhir ini adalah:

* + - 1. Bahasa pemograman yang digunakan dalam melakukan implementasi arsitektur dan pembentukan model prediksi jumlah pendaftar adalah *python*.
      2. Implementasi yang dilakukan oleh peneliti sampai pada tahap pembuatan aplikasi web untuk melakukan prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa IT Del yang akan mendaftar pada tahun depan.
      3. Implementasi yang dilakukan berfokus pada pembangunan model dengan algoritma *support vector regression* dan *artificial neural network*. Dari kedua algoritma akan dilakukan penentuan algoritma dengan akurasi terbaik yang akan digunakan pada aplikasi web yang disiapkan.
      4. Implementasi dilakukan mulai dari tahapan *encoding data*, dikarenakan tahapan *preprocessing* lain seperti integrasi data sudah dilakukan secara manual dengan cara yang telah dijelaskan pada[**subbab 3.3.1**](#_3.3.1_Data_Integration).

## 5.3 Implementasi *Preprocessing*

Tahapan implementasi *data preprocessing* yang dilakukan adalah *encoding* data dimana data yang digunakan merupakan data yang telah melalui tahapan integrasi data.

### 5.3.1 Pengecekan Outlier

Sebelum dilakukan tahapan *preprocessing* data untuk mencegah adanya terdeteksi nilai yang tidak wajar yang dapat mengakibatkan kesalahan pada analisis data dan prediksi. Outlier terjadi ketika nilai berada di luar range nilai pada umumnya. Berdasarkan implementasi yang telah dilakukan untuk pengecekan outlier, diperoleh hasil sebagai berikut:

|  |
| --- |
| Total outliers pada tahun 2016: 168  Total outliers pada tahun 2017: 172  Total outliers pada tahun 2018: 163  Total outliers pada tahun 2019: 169  Total outliers pada tahun 2020: 171  Total outliers pada tahun 2021: 170  Total outliers pada tahun 2022: 166 |

Berdasarkan hasil *outlier* yang diterima dari hasil pengecekan, bahwa sebagian besar variabel mengalami *outlier*. Hal ini disebabkan karena nilai pendaftar pada setiap sekolah berbeda-beda dan tidak adanya kemungkinan jumlah pendaftar antara sekolah A, sekolah B, dan sekolah C berada pada *range* nilai yang sama. Oleh karena sifat data jumlah pendaftar antara sekolah yang satu dengan yang lain dapat berada pada rentang yang jauh, maka peneliti tidak melakukan tindakan untuk mengatasi *outlier* yang terjadi.

### 5.3.2 Encoding

Sesuai dengan analisis data yang telah dilakukan pada [**subbab 3.3.3**](#_3.3.3_Data_Encoding) bahwa pada dataset yang akan digunakan dalam pemodelan, terdapat variabel *Nama Sekolah* yang perlu diubah ke dalam bentuk numerik**.** Hal ini digunakan agar nilai *Nama Sekolah* dapat dipelajari, dikarenakan *machine* *learning* hanya dapat mengolah data dengan bentuk numerik. Berikut ini adalah bentuk implementasi *encoding data* yang dilakukan.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Input* | : | Dataset file .csv yang telah dilakukan integrasi data. |
| *Output* | : | Dataset baru .csv yang telah dilakukan *encoding data*. |
| *Library* | : | LabelEncoder yang digunakan untuk melakukan *encoding* |
| Tahapan | : | 1.Lakukan import dataset dan library yang akan digunakan.  2.Memisahkan variabel yang akan di encoding dengan variabel lain.  3.Lakukan *encoding* pada variabel yang telah dipisahkan |

## Implementasi Algoritma Support Vector Regression

### 5.4.1 Pencarian nilai parameter terbaik

Pada tahapan implementasi algoritma *support vector regression* dilakukan dengan menggunakan data yang sudah mengalami proses *encoding* pada tahapan sebelumnya. Sebelum dilakukan pembentukan model, peneliti melakukan pencarian *parameter* yang akan digunakan dalam pembentukan model. Pencarian parameter dilakukan dengan menggunakan teknik *gridsearch*. Sesuai dengan penjelasan pada[**subbab 2.8**](#_2.8__Grid), penggunaan teknik *gridsearch* akan menghasilkan parameter terbaik dari nilai-nilai yang telah diinisialisasi. Untuk nilai dari kernel dan parameter-parameter diinisialisasi sebagaimana sudah dijelaskan pada [**subbab 4.4.1**](#_4.4.1_Rancangan_Implementasi) dengan nilai-nilai berikut.

Tabel 5. 3 Nilai parameter algoritma support vector regression

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Value** |
| Kernel | *Linear, RBF. Sigmoid, Poly* |
| C | 0.1, 1, 10, 100 |
| *Epsilon* | 0.01, 0.1, 1 |
| *Gamma* | 0.001, 0.01, 0.1, 1 |

Dengan menggunakan *gridsearch* nilai-nilai dari setiap kernel dan parameter yang telah diinisialisasikan akan didapatkan nilai kernel dan parameter terbaik. *Gridsearch* akan mencari kombinasi parameter satu per satu dan membandingkan nilai galat terkecil pada parameter dan kernel tersebut (Saputra et al., 2019). Berikut ini adalah tahapan implementasi *gridsearch* yang dilakukan.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Input* | : | Data yang telah melalui *preprocessing*. |
| *Output* | : | Nilai Kernel dan parameter terbaik menggunakan *Grid Search* |
| *Library* | : | * Pandas digunakan untuk memuat dataset dan membuat *dataframe*. * KFold digunakan untuk mengatur pembagian data * GridSearchCV digunakan untuk menemukan parameter dan kernel terbaik |
| Tahapan | : | 1.Melakukan import dataset dan *library* yang akan digunakan  2. Menentukan variabel *input* dan *output*  3. Melakukan *preprocessing* dataset  4. Melakukan inisialisasi nilai parameter dan kernel  5. Melakukan pemodelan menggunakan algoritma SVR  6. Melakukan fungsi objek pada *gridsearch*  7. Menampilkan output yaitu kernel dan *parameter* terbaik pada algoritma SVR berdasarkan nilai yang telah diinisialisasi. |

### 5.4.2 Percobaan Variasi Nilai K-Fold Cross Validation

Setelah mendapatkan nilai kernel dan parameter terbaik menggunakan *gridsearch* proses selanjutnya yang dilakukan yaitu melakukan penyetelan algoritma SVR menggunakan *parameter* dan kernel terbaik yang telah didapatkan dengan variasi nilai *k-fold cross validation* yang digunakan. Kemudian melakukan pengecekan nilai RMSE berdasarkan nilai dari *k-fold cross validation*. Untuk rentang yang diberikan yaitu mulai dari nilai k = 2 sampai dengan nilai k = 10.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Input | : | Kernel dan parameter terbaik dan nilai k=2 sampai 10. |
| Output | : | Evaluasi model menggunakan RMSE. |
| Library | : | * Pandas digunakan untuk membuat dataset dan membuat *dataframe*. * Stats digunakan untuk membantu menghitung statistik deskriptif. * Numpy digunakan untuk melakukan komputasi ilmiah atau scientific computing * Label Encoder digunakan untuk melakukan encoding terhadap dataset * K-Fold digunakan untuk melakukan pembagian data ke dalam bentuk data latih dan data uji * SVR digunakan untuk implementasi algoritma support vector regression. * mean\_squared\_error digunakan untuk menemukan evaluasi model menggunakan RMSE |
| Tahapan | : | 1.Melakukan import dataset dan library yang akan digunakan.  2. Menentukan variabel *input* dan *output*  3. Melakukan *preprocessing* dataset  4. Melakukan inisialisasi nilai kernel dan *parameter* dan dicari nilai terbaik dari masing – masing kernel dan *parameter* tersebut.  5. Melakukan inisialisasi nilai k untuk penggunaan *K-Fold*.  6. Melakukan pemodelan menggunakan algoritma SVR menggunakan nilai kernel dan *parameter* terbaik.  7. Melakukan evaluasi model yang telah dibagun menggunakan RMSE.  8. Melakukan prediksi jumlah pendaftar. |

Berdasarkan nilai RMSE yang didapatkan pada setiap nilai k, nilai RMSE yang paling kecil yang akan digunakan untuk melakukan pemodelan algoritma dan digunakan untuk melakukan prediksi jumlah pendaftar

## 5.5 Implementasi Algoritma Artificial Neural Network

Pada implementasi algoritma *artificial neural network* data yang digunakan adalah data yang telah menyelesaikan tahapan *preprocessing*. Sebelum dilakukan implementasi algoritma, peneliti melakukan pencarian *hyparameter* sama seperti yang dilakukan algoritma *support vector regression* yang dijelaskan pada [**subbab 5.4**](#_5.4__Implementasi) yaitu dengan menggunakan teknik *gridsearch*. Agar *gridsearch* dapat mempelajari nilai *hyperparameter* pada model yang akan digunakan, maka perlu dilakukan pembentukan model terlebih dahulu. Pembentukan model harus disesuaikan dengan bentuk model yang akan dilakukan pada saat training data. Setelah model dibentuk maka dilakukan inisialisasi nilai *hyperparameter* seperti pada **Tabel 4.1.**

Setelah dilakukan inisialisasi *hyperparameter* selanjutnya akan dideklarasikan fungsi *gridsearch* untuk menjalankan setiap nilai *hyperparameter* ke dalam model dan untuk menghasilkan *hyperparameter* terbaik. Implementasi teknik ini digambarkan pada langkah berikut :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Input* | : | Data yang telah melalui *preprocessing*. |
| *Output* | : | Nilai *hyperparameter* terbaik yang dihasilkan oleh teknik *gridsearch*. |
| *Library* | : | * Pandas digunakan untuk memuat dataset dan membuat dataframe. * Tensorflow digunakan untuk membantu dalam proses pelatihan *neural network*. * GridSearch digunakan untuk mencari nilai parameter terbaik yang menghasilkan performa model yang optimal. * Keras digunakan untuk membuat bentuk pemodelan *deep learning*. |
| Tahapan | : | 1.Lakukan *import* dataset dan *library* yang akan digunakan.  2.Menentukan variabel *input* dan *output*.  3. Melakukan *preprocessing* dataset  4.Buat struktur model ANN yang digunakan.  5.Inisialisasi nilai-nilai *hyperparameter* yang akan digunakan.  6. Inisialisasi objek *gridsearch* dengan memasukkan *hyparameter* yang akan dijalankan.  7. Menjalankan fungsi objek *gridsearch*  8. Menampilkan *output* *best\_params* sebagai nilai *hyperparameter* yang lebih optimal. |

Nilai-nilai *hyperparameter* yang telah diterima sebagai nilai yang paling optimal, maka selanjutnya nilai-nilai tersebut akan digunakan di dalam model algoritma *artificial neural network* yang akan dilatih. Berikut adalah implementasi dari pemodelan *artificial neural network*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Input | : | Data yang telah melalui proses *preprocessing.* |
| Output | : | Nilai hasil evaluasi model seperti RMSE. |
| Library | : | * Pandas digunakan untuk memuat dataset dan membuat *dataframe*. * Tensorflow digunakan untuk membantu dalam proses pelatihan *neural network*. * K-Fold digunakan untuk melakukan pembagian data ke dalam bentuk data latih dan data uji. * Keras digunakan untuk membuat bentuk pemodelan *deep learning*. * Numpy digunakan untuk melakukan komputasi ilmiah atau *scientific computing*. * Matplotlib digunakan untuk visualisasi data. |
| Tahapan | : | 1.Lakukan *import* dataset dan library yang akan digunakan.  2.Menentukan variabel *input* dan *output*.  3. Melakukan *preprocessing* dataset  4.Menginisialisasikan nilai *hyperparameter* yang akan dicari nilai terbaiknya.  5.Menginisialisasikan nilai *k* untuk penggunaan *K-Fold*.  6.Melakukan train data sebanyak nilai iterasi (*epoch*) kali dengan membagi variabel X dan y ke dalam *X\_train, X\_test, y\_train, y\_test* sebanyak *k* bagian. Pada saat train juga dilakukan pembentukan model ANN dan pemanggilan *hyperparameter* yang akan digunakan. Setelah dilakukan pembentukan model, selanjutnya model yang dijalankan , kemudian model kita latih, dan kita lakukan evaluasi model.  7. Menampilkan RMSE data latih dan data uji  8. Menampilkan nilai RMSE dari hasil pembentukan model  9. Menampilkan visualisasi dari nilai RMSE model. |

Pada pembentukan model algoritma, peneliti membentuk model dengan 1 input layer, 1 *hidden layer*, dan 1 output layer sehingga banyak layer yang dibentuk adalah 3 layer. Setiap layer memiliki jumlah neuron yang berbeda-beda seperti yang dijelaskan pada [**subbab 4.4.2**](#_4.4.2_Rancangan_Implementasi) . Nilai bias dan bobot pada setiap layer akan diinisialisasikan secara otomatis dengan menggunakan fungsi *kernel\_initializer=uniform* seperti yang dapat dilihat pada [**A.4. Pemodelan Algoritma ANN**](#_A.4.__Pemodelan) . Untuk nilai aktivasi yang digunakan pada layer juga berbeda dan disesuaikan dengan fungsi aktivasi yang lebih optimal sesuai dengan hasil pada *gridsearch*. Setelah dilakukan pembentukan model, dilakukan konfigurasi proses pelatihan model. Pelatihan model ini melibatkan *loss function*, optimasi, dan metrik evaluasi yang digunakan. *Loss function* ini digunakan untuk melihat perbedaan antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya. Optimasi digunakan untuk mengatur mengoptimalkan parameter model selama pelatihan. Pengoptimalan yang dimaksud adalah perbaikan nilai bobot saat melakukan pelatihan dengan menggunakan nilai laju pembelajaran yang digunakan. Metrik evaluasi digunakan untuk memantau kinerja model selama pelatihan model. Setelah model dikonfigurasi, model siap untuk dilatih dengan menggunakan perintah *model.fit()*. Dalam proses ini, model akan dilatih sesuai dengan nilai *epoch* yang telah diinisialisasikan. Proses pelatihan akan dilakukan selama nilai iterasi *epoch* belum terpenuhi. Tahapan terakhir dari proses pelatihan adalah evaluasi model. Pada tahapan ini model yang telah dilatih akan dilakukan evaluasi, dimana dari hasil evaluasi akan menghasilkan nilai RMSE ketika proses pelatihan, RMSE ketika proses validasi, dan nilai RMSE dari metric evaluasi model yang dilakukan. Pada pelaksanaan implementasi algoritma, peneliti melakukan percobaan untuk mencari nilai *k* dan nilai *epoch* terbaik. Dalam percobaan ini nilai-nilai *epoch* akan digunakan pada setiap nilai *k*, sehingga dengan itu peneliti dapat melihat bagaimana nilai RMSE pada setiap *epoch* dengan pembagian  *k* data. Selain melihat nilai RMSE, peneliti juga melihat hasil pelatihan apakah hasil pelatihan mengalami *overfitting*, *underfitting*, atau *good fit*. Pada hasil yang diperoleh hanya akan menerima hasil pelatihan yang *good fit* dan memiliki nilai RMSE terendah. Dalam implementasi algoritma ANN ada beberapa percobaan yang dilakukan. Percobaan ini akan dijelaskan pada subbab berikut.

### 5.5.1 Pencarian Nilai Epoch

Untuk melakukan pencarian nilai epoch yang akan digunakan dalam pemodelan, peneliti menggunakan teknik *early stopping*.Percobaan ini dilakukan peneliti untuk melihat nilai epoch yang optimal digunakan pada model yang telah dirancang. Pada percobaan ini pertama kali dilakukan inisialisasi nilai epoch yang dipilih secara acak. Nilai epoch yang digunakan dalam percobaan ini adalah 50, 100, 250, 500, dan 1000. Pada bagian implementasi, teknik *early stopping* digunakan dengan penambahan fungsi *early\_stop* yang diambil dari library *Keras*.

Seperti yang sudah dijelaskan pada [**subbab 2.12**](#_2.12_Early_Stopping), bahwa proses pelatihan akan berhenti ketika sudah mulai akan terjadi *overfitting*, sehingga dari hasil percobaan ini akan dihasilkan nilai-nilai epoch yang optimal pada nilai *k* dan nilai *epoch* tertentu. Berdasarkan data hasil percobaan pada lampiran [**B.1. Hasil Implementasi Early Stopping**](#_B.1._Hasil_Implementasi) yang merupakan hasil implementasi yang dilakukan, nilai *epoch* optimal berada di antara nilai 25 sampai dengan 100. Berlandaskan dari *range* nilai *epoch* tersebut maka peneliti melakukan percobaan kedua dengan membuat epoch baru dalam dalam rentang nilai tersebut dan nilai *epoch*  yang ditentukan memiliki nilai range yang sama. Penentuan nilai *epoch* dengan range yang sama memiliki tujuan untuk melihat perbedaan hasil evaluasi model dengan jarak perbedaan nilai *epoch* yang sama.

### 5.5.2 Percobaan Variasi Nilai Epoch

Seperti yang telah dijelaskan pada [**subbab 5.5.1**](#_5.5.1_Percobaan_Early) di atas, bahwa akan dilakukan percobaan kedua untuk melihat nilai *epoch* terbaik dari antara nilai variasi nilai *epoch* lain yang diambil dari rentang nilai 15 sampai 100. Untuk menjaga adanya kemungkinan nilai RMSE terbaik di luar epoch hasil *early stopping,* nilai epoch ditambah hingga rentang 120 sehingga nilai *epoch* yang diuji adalh 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120. Dengan nilai dari nilai-nilai *epoch* tersebut maka akan dicari nilai *epoch* yang menghasilkan nilai RMSE yang terbaik, dan nilai *epoch* yang menghasilkan RMSE terbaik akan digunakan sebagai nilai *epoch* pada model yang akan digunakan di dalam simulator. Variasi nilai *epoch* ini akan dikombinasi dengan nilai *k*.

## Uji Validasi Algoritma

Setelah melakukan percobaan pemodelan dengan algoritma *support vector regression* dan *artificial neural network*, dilakukan uji validasi hasil pembentukan model. Pada uji validasi, dataset yang dilakukan *training* adalah dataset dengan jumlah pendaftar dari tahun 2016-2021, kemudian data jumlah pendaftar tahun 2022 dipisahkan dengan maksud memvalidasi hasil pembentukan model dalam melakukan prediksi jumlah pendaftar tahun 2022. Adapun hasil yang didapatkan ketika menggunakan evaluasi model Root Mean Squared Error (RMSE) dan Mean Arctangen Absolute Persentage Error (MAAPE) yang kemudian dikelompokkan berdasarkan kriteria nilai MAAPE pada **tabel 2.1.** Model yang digunakan untuk melakukan prediksi adalah model dengan nilai performansi terbaik dari kedua algoritma.

# BAB 6 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan penjelasan mengenai hasil implementasi yang telah dilakukan.

## 6.1. Pembahasan Studi Kasus

Pada penelitian ini, studi kasus yang diteliti adalah mengenai jumlah pendaftar calon mahasiswa dari beberapa asal sekolah. Jumlah asal sekolah yang akan diprediksi dalam penelitian ini adalah 179 sekolah. Data yang digunakan terdiri dari fitur jumlah pendaftar tahun 2016 hingga tahun 2022. Tujuannya adalah agar model machine learning dapat mempelajari pola nilai jumlah pendaftar dan melakukan prediksi berdasarkan pola tersebut setiap tahun. Dalam melakukan prediksi, model hanya akan mempelajari pola nilai jumlah pendaftar dari sekolah yang dipilih, misalnya SMA Bintang Timur Balige. Model akan menggunakan pola nilai jumlah pendaftar dari SMA Bintang Timur Balige antara tahun 2016 hingga 2022.

Untuk memvalidasi model yang telah dibuat, peneliti melakukan prediksi jumlah pendaftar untuk tahun 2022. Dalam proses validasi, model akan menggunakan data jumlah pendaftar dari tahun 2016 hingga 2021. Kemudian, hasil prediksi akan digunakan untuk mengevaluasi kesalahan prediksi model terhadap target yang diharapkan. Kesalahan prediksi tersebut dinilai menggunakan nilai RMSE, yang mengukur selisih antara nilai target dan nilai prediksi.

## 6.2 Hasil dan Pembahasan *Preprocessing* Dataset

Pada sub-bab ini akan menjelaskan hasil *preprocessing* yang didapatkan. Adapun tahapan *preprocessing* yang dilakukan yaitu dengan menggunakan *Label Encoder* dan mendapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. 1 Dataset yang sudah dilakukan pre-processing



Berdasarkan hasil *preprocessing* dataset yang didapatkan yang merujuk pada **Tabel 6.1,** variabel *Nama Sekolah* yang sebelumnya bertipe kategorikal tidak dapat dimasukkan kedalam pemodelan, kemudian melalui hal itu diperlukan tindakan konversi untuk mengubah tipe dari variabel *Nama Sekolah* agar berbentuk numerik. Teknik yang dilakukan yaitu *encoding*. Adapun *encoding* yang digunakan yaitu *Label Encoder* yang mana didapatkan kolom atau variabel baru dengan nama *nama\_sekolah\_encoded.* Dan kemudian hasil nya digunakan untuk melakukan pemodelan.

## 6.2. Hasil dan Pembahasan Algoritma Support Vector Regression

Setelah membangun model prediksi jumlah pendaftar dengan menggunakan algoritma *support vector regression*, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. 2 Kernel dan Parameter Terbaik

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **kernel** | **gamma** | **cost** | **Epsilon** |
| RBF | 0,001 | 100 | 0,01 |

Setelah proses *preprocessing* dataset dilakukan seperti pada Gambar 6.1, kemudian dilakukan pemodelan menggunakan dataset yang sudah siap pakai, dan hal pertama yang dilakukan yaitu menemukan kernel dan parameter terbaik berdasarkan inisialisasi kernel dan parameter yang diberikan pada [subbab 4.3.1](#_4.3.1_Rancangan_Implementasi). Setelah melakukan pemilihan kernel dan parameter terbaik menggunakan *gridsearch*, *gridsearch* akan bekerja dengan cara melakukan kombinasi terhadap nilai kernel dan *parameter* yang telah diinisialisasikan untuk mendapatkan nilai *error* yang paling rendah. Melalui cara kerja tersebut, didapatkan hasil bahwa kernel terbaik yaitu *kernel RBF*, hasil ini menunjukkan bahwa dataset jumlah pendaftar yang dimiliki memiliki bentuk non-linier dan ini sesuai dengan fungsi dari kernel Radial Basis Function (RBF) bahwa kernel ini baik dalam melakukan pencarian hyperplane pada dataset non-linier. Kemudian setelah mendapatkan nilai dari kernel yang terbaik, dilanjutkan dengan mencari nilai terbaik dari setiap *parameter* yaitu parameter gamma dengan nilai 0,001, parameter *cost* dengan nilai 100, *parameter* *epsilon* dengan nilai 0,01. Untuk *parameter gamma* menghasilkan nilai 0,001 menunjukkan bahwa radius kesamaan yang besar yang menghasilkan lebih banyak titik yang dikelompokkan bersama, namun dikarenakan kernel terbaik yang didapatkan adalah *kernel liner*, maka untuk *parameter gamma* tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai error dan juga hasil prediksi. Kemudian *parameter cost* sendiri menghasilkan nilai 100 menunjukkan bahwa model memiliki deviasi yang kecil dari *parameter epsilon* yang masih dapat ditoleransi. Dan untuk *parameter epsilon* menghasilkan nilai terbaik pada nilai 0,01 mengindikasikan bahwa toleransi kesalahan yang lebih rendah ataupun ketat memberikan hasil yang lebih baik dalam hal performa berdasarkan metrik evaluasi yang digunakan.

Setelah mendapatkan nilai terbaik dari setiap *kernel* dan *parameter*, setiap nilai tersebut digunakan dalam pemodelan dan dilakukan evaluasi model dengan menggunakan evaluasi model *Root Mean Squared Error*, dengan menggunakan kombinasi pada rentang nilai k pada *k-fold cross validation* mulai dari rentang nilai 2 sampai dengan 10, setelah dilakukan analisis, didapatkan kesimpulan bahwa nilai k pada *k-fold cross validation* berpengaruh pada nilai *error* model, kemudian didapatkan nilai RMSE terendah pada nilai k=7, dengan nilai 7.2893. Adapun hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 6. 3 Evaluasi RMSE menggunakan nilai k

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **k** | **kernel** | **gamma** | **Cost** | **Epsilon** | **RMSE** |
| 2 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 8.87419 |
| 3 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 8.51308 |
| 4 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 8.15710 |
| 5 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.82429 |
| 6 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.81281 |
| 7 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.28936 |
| 8 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.37291 |
| 9 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.65842 |
| 10 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.33568 |

## 6.3. Hasil dan Pembahasan Algoritma Artificial Neural Network

Pada subbab ini akan membahas tentang hasil yang diperoleh setelah melakukan percobaan. Setelah melakukan percobaan mulai dari tahapan pencarian nilai *hyperparameter* dengan menggunakan *gridsearch* hingga melakukan pemodelan algoritma. Berdasarkan percobaan yang dilakukan untuk mencari nilai *hyperparameter* yang optimal digunakan, diperoleh nilai-nilai *hyperparameter* seperti berikut :

Jumlah neuron pada *hidden layer* yang digunakan adalah 12 neuron.

Fungsi aktivasi yang digunakan pada *hidden layer* adalah ReLU.

Nilai *learning rate* yang digunakan adalah 0.01.

Nilai-nilai *hyperparameter* yang telah diperoleh tidak akan mempengaruhi nilai-nilai data yang diproses. Nilai-nilai ini hanya berperan dalam mengatur bagaimana model belajar agar dapat bekerja secara optimal. Penggunaan nilai *hyperparameter* pada model memiliki dampak yang cukup berpengaruh pada kinerja model yang sedang dikembangkan. Untuk menilai kinerja model digunakan metrik RMSE untuk melihat ukuran kinerja model. Pemilihan metrik RMSE digunakan sebagai tolak ukur kinerja model dikarenakan tujuan model yang dibuat adalah melakukan prediksi nilai-nilai di masa depan (*continues target*). Metrik ini hanya akan mengukur besar kesalahan prediksi yang mungkin terjadi pada model. Semakin kecil nilai RMSE yang diperoleh maka akan semakin kecil kemungkinan kesalahan yang dilakukan oleh model, sehingga dapat dikatakan bahwa model tersebut akan semakin baik.

Setelah memperoleh nilai *hyperparameter* seperti di atas, nilai-nilai tersebut selanjutnya digunakan ke dalam model algoritma untuk dilakukan pembentukan model. Seperti yang telah disampaikan pada [subbab 5.5](#_5.5__Implementasi) bahwa pada saat melakukan pemodelan dilakukan percobaan juga terkait nilai *k* dan nilai *epoch* yang menghasilkan nilai RMSE terbaik. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, diperoleh nilai *k*  dan nilai *epoch* terbaik adalah *k* = 4 dan *epoch* = 105 dengan nilai RMSE yang dihasilkan adalah 0.04929599755078. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan bahwa kombinasi nilai ­*k* dan nilai *epoch* juga dapat mempengaruhi kinerja model yang dibangun. Oleh karena itu, selain nilai *learning rate*, fungsi aktivasi, dan jumlah neuron, pemilihan nilai *k* dan nilai *epoch* juga perlu diperhatikan untuk menghasilkan kinerja model yang lebih baik.

## 6.4. Pembahasan Evaluasi Model

Berdasarkan hasil percobaan dan evaluasi model yang telah diperoleh dari kedua algoritma maka didapatkan bahwa bentuk pemodelan terbaik dihasilkan pada algoritma *artificial neural network*  dengan nilai RMSE yang diperoleh adalah 0.04929599755078. Berdasarkan hasil evaluasi model tersebut ditunjukkan bahwa kinerja model ANN lebih baik dibandingkan dengan model SVR dalam melakukan prediksi. Hasil ini disebabkan karena algoritma ANN dapat melakukan adaptasi dan generalisasi dengan baik terhadap data pelatihan. Dalam proses pelatihan, algoritma ANN akan menyesuaikan nilai bobot dan bias secara iteratif untuk mencapai performa yang optimal pada data pelatihan.

## 6.5. Hasil dan Pembahasan Uji Validasi

Berdasarkan hasil percobaan uji validasi yang dilakukan pada 10 sekolah didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. 4 Hasil Uji Validasi dengan model SVR

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nama Sekolah** | **Aktual** | **Prediksi** |
| SMA Abdi Sejati Perdagangan | 2 | 1 |
| SMA Advent Pematang Siantar | 0 | 1 |
| SMA Asisi Pematang Siantar | 3 | 1 |
| SMA Bintang Timur Balige | 53 | 11 |
| SMA Bintang Timur Pematang Siantar | 2 | 5 |
| SMA Brigjen Katamso 1 Medan | 0 | 1 |
| SMA Budi Mulia Pematang Siantar | 10 | 11 |
| SMA Budi Murni 1 Medan | 3 | 4 |
| SMA Budi Murni 2 Medan | 1 | 1 |
| SMA Cahaya Medan | 0 | 2 |

Tabel 6. 5 Hasil Uji Validasi dengan Model ANN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nama Sekolah** | **Target** | **Prediksi** |
| SMA Abdi Sejati Perdagangan | 2 | 0 |
| SMA Advent Pematang Siantar | 0 | 0 |
| SMA Asisi Pematang Siantar | 3 | 1 |
| SMA Bintang Timur Balige | 53 | 47 |
| SMA Bintang Timur Pematang Siantar | 2 | 8 |
| SMA Brigjen Katamso 1 Medan | 0 | 0 |
| SMA Budi Mulia Pematang Siantar | 10 | 29 |
| SMA Budi Murni 1 Medan | 3 | 11 |
| SMA Budi Murni 2 Medan | 1 | 3 |
| SMA Cahaya Medan | 0 | 1 |

Berdasarkan hasil uji validasi yang telah dilakukan pada kedua model, diperoleh hasil Model *support vector regression* (SVR) menghasilkan nilai RMSE sebesar 7.sebagai berikut :

* + - 1. 541 dan MAAPE 53.91%. Hasil ini menunjukkan bahwa model SVR memiliki kesalahan prediksi dengan selisih rata-rata sebesar 7.541 dan kesalahan presentasi rata-rata sebesar 53.91%.
      2. Model *artificial neural network* (ANN) menghasilkan nilai RMSE sebesar 4.802821 dan MAPE sebesar 71.37%. Nilai RMSE yang lebih rendah pada model ANN menunjukkan adanya kesalahan prediksi dengan selisih rata-rata sebesar 4.802821. Namun, nilai MAPE yang tinggi sebesar 71.37% menunjukkan bahwa kesalahan persentase rata-rata dalam prediksi model ANN lebih besar dibandingkan dengan model SVR.

Berdasarkan nilai RMSE yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa kedua model belum bisa dapat digunakan secara efektif untuk memprediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru. Hal ini disebabkan oleh selisih kesalahan antara hasil prediksi dan nilai target yang masih sangat besar.

Selanjutnya berdasarkan nilai MAAPE yang dihasilkan kedua model dikategorikan sebagai model yang buruk. Hal ini disebabkan oleh nilai MAAPE yang tinggi pada kedua model yang dihasilkan, menunjukkan bahwa kedua model memiliki tingkat kesalahan rediksi yang signifikan.

## 6.6. Hasil Implementasi Simulator

Hasil dari pembangunan aplikasi yang telah dibangun sesuai dengan design prototype yang telah dibuat, aplikasi sudah dapat berjalan dengan baik dan sudah dapat menghasilkan hasil prediksi. Hasil implementasi dilampirkan pada [**Lampiran C Hasil Implementasi**](#_Lampiran_C_Hasil).

# BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

## 7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi dapat diberi kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk melakukan pengolahan data mentah ke dalam bentuk dataset yang akan diolah ke dalam model, dimulai dari bentuk dataset yang ingin diolah baik dalam bentuk dataset time series ataupun dataset tabular. Selain itu juga perlu diperhatikan tahapan *preprocessing* yang perlu dilakukan untuk menyiapkan dataset.
2. Untuk melakukan pemodelan algoritma *artificial neural network* dan *support vector regression* yang optimal, perlu dilakukan pencarian nilai *hyperparameter* yang dapat membantu kinerja model agar bekerja dengan baik. Dengan menghasilkan bentuk pemodelan yang optimal, maka kemungkinan kesalahan prediksi akan semakin kecil.
3. Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan pada kedua model algoritma yaitu algoritma *artificial neural network* dan *support vector regression*, model yang memiliki nilai RMSE terbaik dengan nilai terendah model terbaik ditunjukkan pada model algoritma *artificial neural network* dengan nilai RMSE = 0.04929599755078.
4. Berdasarkan dari hasil uji validasi model yang telah dibuat, terdapat sdiperoleh kedua model algoritma. Berdasarkan nilai RMSE, nilai kesalahan dalam prediksi yang diperoleh oleh model *artificial neural network* lebih kecil dibandingkan dengan nilai RMSE dari model *support vector regression.* Namun berdasarkan nilai MAPE untuk uji kelayakan dalam memprediksi, model yang layak digunakan untuk memprediksi adalah model algoritma *support vector regression* karena nilai MAPE yang dihasilkan model berada pada kategori layak.
5. Meskipun nilai RMSE yang dihasilkan model *support vector regression* lebih besar dibandingkan nilai RMSE model *artificial neural network*, model tersebut dianggap lebih baik dalam melakukan prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru berdasarkan nilai MAPE yang lebih rendah.

## 7.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan ada beberapa saran yang perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya:

* + - 1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pemodelan pada dataset yang memiliki jumlah data yang lebih banyak untuk membantu proses pembelajaran pola nilai untuk melakukan prediksi.
      2. Perlu dilakukan perbaikan model dan pengembangan model lebih lanjut untuk meningkatkan ketepatan prediksi kedua model.
      3. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai penyebab perbedaan hasil yang diperoleh berdasarkan nilai RMSE dan nilai MAPE kedua model.
      4. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan pada dataset untuk dapat melakukan prediksi jumlah pendaftar sekolah tertentu berdasarkan jalur masuk yang tersedia di Institut Teknologi Del.

# DAFTAR REFERENSI

Abdel-Sattar, M., Aboukarima, A. M., & Alnahdi, B. M. (2021). Application of artificial neural network and support vector regression in predicting mass of ber fruits (Ziziphus mauritiana Lamk.) based on fruit axial dimensions. *PLoS ONE*, *16*(1 January), 1–15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245228

Andreas, F., Mikhael, & Enri, U. (2022). *Perbandingan Algoritma Backpropagation Neural Network dan Long Short-Term Memory dalam Prediksi Harga Bitcoin*. *8*(12), 547–558.

Andriyani, W. (2021). *Apa perbedaan Root Mean Square Error (RMSE) dan Standard Deviation? Bagaimana cara penggunaannya?* Quora. https://id.quora.com/Apa-perbedaan-Root-Mean-Square-Error-RMSE-dan-Standard-Deviation-Bagaimana-cara-penggunaannya#:~:text=RMSE digunakan untuk mengukur tingkat,nilai Profit berdasarkan nilai Sales.

Barus, T. E., & Simamora, N. S. P. (2020). Analisis Persebaran Pendaftar di Institut Teknologi Del Berdasarkan Asal Wilayah. *Prosiding Industrial Research …*, 26–27. https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/2193

*Early Stopping*. (2020). DeepLearning4J. https://deeplearning4j.konduit.ai/v/en-1.0.0-beta7/getting-started/tutorials/early-stopping

Ghazali, M., & Purnamasari, R. (2021). Pencarian Kernel Terbaik Support Vector Regression Pada Kasus Data Kemiskinan Di Indonesia Dengan User Interface (Gui) Matlab. *Statistika*, *9*(1), 1–8.

Gunawan, M. I., Sugiarto, D., & Mardianto, I. (2020). Peningkatan Kinerja Akurasi Prediksi Penyakit Diabetes Mellitus Menggunakan Metode Grid Seacrh pada Algoritma Logistic Regression. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, *6*(3), 280. https://doi.org/10.26418/jp.v6i3.40718

Handayani, A., Jamal, A., & Septiandri, A. A. (2017). *350-565-1-Sm*. *6*(4), 394–403.

Ishukatiyar. (2023). *Backpropagation in Data Mining*. GeeksForGeeks. https://www.geeksforgeeks.org/backpropagation-in-data-mining

Itdel. (2022). *Pendaftaran Mahasiswa Baru IT Del*. http://spmb.del.ac.id/

Khoirudin, K., Nurdiyah, D., & Wakhidah, N. (2019). Prediksi Penerimaan Mahasiswa Baru Dengan Multi Layer Perceptron. *Jurnal Pengembangan Rekayasa Dan Teknologi*, *14*(1), 1. https://doi.org/10.26623/jprt.v14i1.1212

Lembong, R. I. (2022). Machine Learning Menggunakan Perbandingan Dua Algoritma Antara Support Vector Regression Dan Decision Tree Untuk Memprediksi Harga Saham Agro. In *upj.ac.id* (Vol. 33, Issue 1).

machinelearning. (2023). *Data Pre-Processing untuk Analisa Kelayakan Kredit Menggunakan Machine Learning*. PT Marlon Amadeus Teknologi. https://www.marlonamadeus.co.id/index.php/2023/01/13/data-pre-processing-untuk-analisa-kelayakan-kredit-menggunakan-machine-learning/

Mahanta, J. (2017). *Introduction to Neural Networks, Advantages and Application*. Towarddatascience. https://towardsdatascience.com/introduction-to-neural-networks-advantages-and-applications-96851bd1a207

Mahyunis, R. V. (2022). Penerapan Artificial Neural Network (ANN) Menggunakan Algoritma Backpropagation dengan Membandingkan Empat Fungsi Aktivitas dalam Memprediksi Harga Emas. *Braz Dent J.*, *33*(1), 1–12.

Maryana, T., Kusrini, K., & Fatta, H. Al. (2019). Analisis Perbandingan Predisksi Obat Dengan Menggunakan Metode Abc Analisys Dan Svr Pada Aplikasi “Morbis.” *Jurnal Teknologi Informasi*, *3*(2), 174. https://doi.org/10.36294/jurti.v3i2.1016

Muhadzdzab, H., Asfi, M., & Putri, T. E. (2020). Sistem Prediksi untuk Menentukan Jumlah Pendaftaran Mahasiswa Baru pada Unversitas Catur Insan Cendekia Menggunakan Metode Least Square. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, *5*(3), 350. https://doi.org/10.32493/informatika.v5i3.6598

Mustafeez, A. Z. (2023). *What is Early Stopping*. Educative.Io. https://www.educative.io/answers/what-is-early-stopping

Nafi’iyah, N. (2016). Perbandingan Regresi Linear , Backpropagation Dan Fuzzy Mamdani Dalam Prediksi Harga Emas. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 291–296.

Primartha, R. (2018). *Belajar Machine Learning Teori dan Praktik*.

Rais, Z. (2022). Analisis Support Vector Regression (Svr) Dengan Kernel Radial Basis Function (Rbf) Untuk Memprediksi Laju Inflasi Di Indonesia. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, *4*(1), 30–38. https://doi.org/10.35580/variansiunm13

Ridwan, D. I., Setianingsih, C., & Murti, M. A. (2021). *Prediksi Penggunaan Energi Listrik Support Vector Regression Prediction of Electricity Using Support Vector Regression Method*. *8*(6), 12135–12144.

Rizal, N. A. (2014). *Implementasi Metode Hybrid Jst-Som Pada Prediksi Churn Pelanggan Seluler : Studi Kasus Pt . Telekomunikasi Seluler Implementation Hybrid Nn-Som Method for Prediction Customer Churn : Study Case Pt . Telekomunikasi Seluler*.

Rusdi, Z., Lubis, C., & Tjandra, V. G. (2021). *Prediksi Kurs Mata Uang dengan Metode Long Short Term Memory Berbasis Attention*.

Saadah, S., Z, F. Z., & Z, H. H. (2021). Support Vector Regression (SVR) Dalam Memprediksi Harga Minyak Kelapa Sawit di Indonesia dan Nilai Tukar Mata Uang EUR/USD. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*, *5*(1), 85–92. https://doi.org/10.29303/jcosine.v5i1.403

Santoso, H., & Putri, R. A. (2023). *Deteksi Komentar Cyberbullying pada Media Sosial Instagram Menggunakan Algoritma Random Forest Cyberbullying Comment Detection on Instagram Social Media Using Random Forest Algorithm*. *13*(April), 62–72.

Saputra, G. H., Wigena, A. H., & Sartono, B. (2019). Penggunaan Support Vector Regression Dalam Pemodelan Indeks Saham Syariah Indonesia Dengan Algoritme Grid Search. *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, *3*(2), 148–160. https://doi.org/10.29244/ijsa.v3i2.172

Sepri, D., & Fauzi, A. (2020). Prediksi Harga Cabai Merah Menggunakan Support Vector Regression. *Computer Based Information System Journal*, *8*(2), 1–5. https://doi.org/10.33884/cbis.v8i2.1921

Setyoningrum, N. R., Rahimma, P. J., Teknologi, S. T., Tanjungpinang, I., & Tanjungpinang, K. (2022). Implementasi Algoritma Regresi Linear Dalam Sistem Prediksi Pendaftar Mahasiswa Baru Sekolah Tinggi Teknologi Indonesia Tanjungpinang. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Sosial Dan Teknologi (SNISTEK)*, *4*, 13–18. https://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/prosiding/article/view/5200

Situmorang, Y. S. (2022). Analisis Pengaruh Holt Winter Exponential Smoothing sebagai Metode Optimasi Pemulusan Data Pada Model Peramalan Backpropagation Neural Network. *IT Del*, *1*.

Somya, R. (2018). Perancangan Aplikasi Chatting Berbasis Web di PT. Pura Barutama Kudus menggunakan Socket.IO dan *Framework* Foundation. *Khazanah Informatika : Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, *4*(1), 8–15. https://doi.org/10.23917/khif.v4i1.5979

Trivusi. (2022). *Pengertian dan Teknik Data Preprocessing dalam Data Mining*. Trivusi. https://www.trivusi.web.id/2022/09/data-preprocessing.html

Wibowo, A. (2017). *10 Fold-Cross Validation*. Binus University. https://mti.binus.ac.id/2017/11/24/10-fold-cross-validation/

Yuniarti, D., & Gunawan, B. (2021). *Penerapan Data Mining Untuk Memprediksi Jumlah Siswa Diktukpa (Pendidikan Pembentukan Perwira) TNI AL Dengan Metode Artificial Neural Network Dan Algoritma Backpropagation*. *5*(4), 938–954. https://doi.org/10.52362/jisamar.v5i4.574

Suyudi, A. H. (2021). *Prediksi Lokasi, Kekuatan, dan Waktu Gempa Bumi di Wilayah Sulawesi Menggunakan Model Semi-Markov*.

# LAMPIRAN

## Lampiran A Source Code

### A.1. Encoding Data

|  |
| --- |
| #Melakukan Import Library  library pandas  library numpy  library LabelEncoder  library matplotlib.pyplot  data <- data\_breakdown.xlsx  #Membuat fungsi encoding  encoder <- LabelEncoder()  #Melakukan ecoding pada variabel 'nama sekolah' dan menyimpan hasil encoding ke dalam variabel 'nama\_sekolah\_encoded'  data['nama\_sekolah\_encoded'] <- encoder.fit transform(data['Nama Sekolah'])  #Mengurutkan kolom agar lebih mudah menentukan variabel feature dan variabel target  coloum\_order <- ['Nama Sekolah', 'nama\_sekolah\_encoded', 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022]  #import dataset hasil encoding  data\_prep.to\_csv('data\_prep.csv') |

### A.2. *Grid Search* ANN

|  |
| --- |
| #Import Library yang akan digunakan dalam GridSearch  library pandas  library tensorflow  library Dense  library Sequential  library GridSearch  library mean\_squared\_error  library KerasClassifier  #Penentuan Variabel Input dan variabel Output  data <- data.prep.csv  X <- data.iloc[:,1:].values  y <- data.iloc[:,-1].values  #Pembentukan model ANN  create model(num\_neuron\_hidden\_layer, activation, learning\_rate){  model <- Sequential()  add(Dense(Z.shape[1], kernel\_initializer <-"uniform", input<-X.shape[1]))  add(Dense(num\_neurons\_hidden\_layer, kernel\_initializer<-"uniform", activation))  add(Dense(1)) #jumlah keluaran / output 1    return model  }  #Inisialisasi beberapa nilai parameter  param\_grid <- {  num\_neuron\_hidden\_layer : 12,16,24,32,64,128  activation : relu, tanh, sigmoid  laerning\_rate : 0.01, 001  }  #Membungkus model ANN kedalam variabel model  model <-KerasClassifier(build <- create model)  #Menjalankan bentuk model dengan grid\_search  grid\_search <- GridSearch(model,param\_grid)  grid\_search.fit(X,y)  #Mengeluarkan nilai parameter terbaik  grid\_search.best\_params\_ |

### A.3. *Grid Search* SVR

|  |
| --- |
| from google.colab import drive  # Mengimport modul GD pada Gcolab ke /content/drive  drive.mount('/content/drive')  import pandas as pd  import numpy as np  from sklearn.model\_selection import train\_test\_split, GridSearchCV, KFold  from sklearn.metrics import mean\_squared\_error, mean\_absolute\_error,  # Melakukan Load data  data = pd.read\_csv("/content/drive/My Drive/Tugas\_Akhir/data-prep.csv")  # Penentuan Variabel Input(X) dan Variabel Output(y)  X <- data.iloc[:, 1:].values  y <- data.iloc[:, -1].values.reshape(-1, 1)  # Inisialisasi Parameter  parameters = {  kernel <- linear, rbf, sigmoid, polynomial  cost <- 0.1, 1, 10, 100  epsilon <- 0.01, 0.1, 1  gamma <- 0.001, 0.01. 1  }  # Melakukan pemodelan menggunakan SVR  model <- SVR()  cv = KFold(n\_splits= 2 to 10 , shuffle=True, random\_state=42)  grid\_search = GridSearchCV(model, parameters, cv=cv, scoring="neg\_root\_mean\_squared\_error")  grid\_search.fit(X, y)  Parameter terbaik <- grid\_search.best\_params\_ |

### A.4. Pemodelan Algoritma ANN

|  |
| --- |
| #Import Library yang akan digunakan dalam pembentukan model ANN  library pandas  library numpy  library tensorflow  library Dense  library Sequential  library GridSearch  library mean\_squared\_error  library KerasRegressor  library matplotlib.pyplot  library model\_from\_json  library KFold  #Penentuan Variabel Feature dan variabel Target  data <- data.prep.csv  X <- data.iloc[:,1:].values  y <- data.iloc[:,-1].values  #Checking outliers  data\_check=data.drop(columns='Nama Sekolah')  mean = np.mean(data\_check)  std\_dev = np.std(data\_check)  Mean <- mean  Standar deviasi <- std\_dev  # count z-score  z\_score <- (data\_check - mean) / std\_dev  print('Nilai z-score : ', z\_score)  # identify outliers depends z-score value  outliers <- data\_check[(z\_score < batas\_bawah) | (z\_score > batas\_atas)]  Jumlah outliers <- len(outliers)  #PEMODELAN ANN  #Mendefinisikan nilai hyperparameter terbaik  learning rate <- 0.01  num\_epoch <- 105  batch\_size <- 16  num\_neuron\_hidden\_layer <- 12  num\_neuron\_output <- 1  #Mendefinisikan nilai k-fold  n\_folds = 4  kf <- KFold(n\_splits=n\_folds)  #Membuat variabel untuk menyimpan nilai RMSE pada setiap fold  rmse\_scores = []  for train\_idx, test\_idx in kf.split(X,y):  X\_train, X\_test = X[train\_idx], X[test\_idx]  y\_train, y\_test = y[train\_idx], y[test\_idx]    #Membentuk arsitektur ANN  model <- sequential()  model.add(Dense(X.shape[1],kernel\_initializer='uniform', input\_dim=X.shape[1]))  model.add(Dense(num\_neurons\_hidden\_layer, kernel\_initializer='uniform', activation='relu'))  model.add(Dense(num\_neurons\_output, activation='linear' ))  #Menjalankan model yang dibentuk  model.compile(loss='mean\_squared\_error', optimizer=tf.keras.optimizers.RMSprop(learning\_rate), metrics=[tf.keras.metrics.RootMeanSquaredError()])    #Melakukan pelatihan model  history = model.fit(X\_train, y\_train, epochs=num\_epochs, batch\_size=batch\_size, validation\_data=(X\_test,y\_test))    #Melakukan evaluasi model pada bagian train dan pada bagian test  train\_pred <- predict(X\_train)  train\_rmse <- rmse(y\_train, train\_pred)    test\_pred <- predixt(X\_test)  test\_rmse <- rmse(y\_test, test\_pred)    #Menghitung nilai RMSE data testing pada setiap fold  rmse\_scores.append(test\_rmse)  output(mean(rmse\_scores))  model.save('ann.h5') |

### A.5. Pemodelan Algoritma SVR

|  |
| --- |
| library(pandas)  library(numpy)  library(matplotlib)  # Load dataset  Data <- read\_csv(”/content/drive/My Drive/Tugas\_Akhir/data-final-ta.csv”)  # Checking outliers  data\_check=data.drop(columns='Nama Sekolah')  mean = np.mean(data\_check)  std\_dev = np.std(data\_check)  Mean <- mean  Standar deviasi <- std\_dev  # count z-score  z\_score <- (data\_check - mean) / std\_dev  print('Nilai z-score : ', z\_score)  # identify outliers depends z-score value  outliers <- data\_check[(z\_score < batas\_bawah) | (z\_score > batas\_atas)]  Jumlah outliers <- len(outliers)  # svr implementation  # initialization parameter  Kernel <- linear, polynomial, sigmoid, poly  C <- 0.1, 1, 10, 100  Epsilon <- 0.01, 0.1, 1  Gamma <- 0.01, 0.1, 1  # K-Fold Implementation  cv <- KFold(n\_splits= 2 to 10, shuffle=True, random\_state=42)  # *Grid Search* Implementation  # Implementasi GridSearch  grid\_search <- GridSearchCV(model, parameters, cv=cv, scoring="neg\_root\_mean\_squared\_error")  grid\_search.fit(X, y)  Best Score <- grid\_search.best\_score  Best parameter <- grid\_search.best\_params  # model evaluation  rmse\_scores = []  for train\_index, test\_index in cv.split(X, y):  X\_train, X\_test <- X[train\_index], X[test\_index]  y\_train, y\_test <- y[train\_index], y[test\_index]  # Melakukan training model pada setiap fold  best\_model.fit(X\_train, y\_train)  # Melakukan prediksi pada data testing  y\_pred <- best\_model.predict(X\_test)  # Menghitung RMSE  rmse <- np.sqrt(mean\_squared\_error(y\_test, y\_pred))  rmse\_scores.append(rmse)  # Menghitung rata-rata nilai RMSE  avg\_rmse = np.mean(rmse\_scores)  RMSE <- avg\_rmse  # predicting total registrans |

## Lampiran B Hasil Implementasi

### B.1. Hasil Implementasi Early Stopping

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **K** | **Epoch** | **Grafik Loss** |
| 2 | 50 | https://lh3.googleusercontent.com/dxRBcvuJ8gKdPyTrKjcp3BhM-QVY3Sb8SykWRYoMnAS1YeEr8mbXDltHjMG0lrhT2EgP6fsyeB8pYRS4Q8MdqP4Tponu2SficJhJxYNDSrZp9hMaKOzDGZMyRkG0wANOtHK1uOgD8beLxYQNlukv2kU |
|  | 100 | https://lh6.googleusercontent.com/xC1KyKqxIhMsrBOOQzpyE3G6BtzPC_67QQcjZJ4onTyGi8WmReW1objMxNQ-3ZG4AW9cvhCtHCpoqLeNxr8FwmyrZhf5jCyQiJK4aOzdRP3CYnd14s-ZJjb9haZk7eydVZZCVPqQSM2X69XRd-jFIBw |
|  | 250 | https://lh5.googleusercontent.com/WakjDLLUDXpriXZNqqJG6egAF9tebY8jUDk3Es0KZD-Et_8DTO9vazvW1cm6c-C-v-dZjo0ClyruAaXjq_vTEhhiRddJa5mkjs2n6UOvNtMVLHQ2OkT6G-KiVdtEJjx3dYhm7_Kaw8CnlvbDQnYUa70 |
|  | 500 | https://lh4.googleusercontent.com/fhGJN5OP0QAlfMTfEFZOczEbHpOiYw5nUUbYa_cnZkn1YEYIgwvWN2XU6D5zCmQtZAyA8_bAhCE9XcuHW_BNwb0_GmkxkWYwdMFIsE11bWqixs_OC-z_O1wHk6hJZP57DDHEVQh5i2NDfRSgm647lvc |
|  | 1000 | https://lh3.googleusercontent.com/LN5T5lwAQE_NPqjOwoP6eDYfbknNgScBD9WkKy0ewqQAWWk6rOvVZEFlBC1JnyqMQcqnbPRfhvPC3rqOz_n32SKx3trz7VGBkLI20OqLcvs-y_VHLIJapOuZXtk7WWcXP9HaZYa9YdR64ksy55OUi1s |
| 3 | 50 | https://lh5.googleusercontent.com/_yOh8SkyGkbfi4qsB7w6_aUJDB4blvMfYWs_6p7CK7TxZ6yytYjPmwubDT1hcENchsn7MtP2kr_6YAf-D0aGa8Ot3Q0oBLK5_f6ueVEK6V_FumOZwBLYxGXrJuKnCvUXQhCj1P2fc1VH06uNDS0kWxI |
|  | 100 | https://lh5.googleusercontent.com/x3iX47OhrCCC4YNMHoPEZGo29tblfhg3r1wYEWFXqLSv63w5vfO_wUl1073Cb87pU2h7tPJO4mZ8sFPfbpiGVIQiDhh3e5pKdGUgxhuhTnd2GwkUtrNR2vLZwgyKFl3z6RgB-g9oUvQYYoOAnC3qLv8 |
|  | 250 | https://lh5.googleusercontent.com/xPDReb4-WhDN5JChiSoG4KPWxu0TErrWWARqZjF5-E5BsY2O_dF6WLTEUGQ6cMXDW0cvutSZOgkPzzGbt2XlOnpeo8GAYB97ggaT5msgNGzep4zs3n-M8SvGFa5HBfZJv86EH6slnPkfg9wtNUzstSE |
|  | 500 | https://lh6.googleusercontent.com/yYkw3eRVq8GjA8PmpsqxQ6K7t91QLwYYN1nBnYKuBtOXTV44W7eTUCRAvvPfcsr8FVOlTQDE28IZqxTlrlcExDrTFgY8t35BEraJmcGO6fK1VDL20ieLh6mfHKTTLYgAtP6NmJQYO3zPj5l3i_CPSpA |
|  | 1000 | https://lh4.googleusercontent.com/sWOQ7SJBJEvxgkGjZTLApRzpu4J7dopOg_tBXrxNcDQB2K8Y4ISLZjA3gzsVPfkMxape0XROvmRrIEFfCVThKlFsMrWp632SrbFDIuNaZjGuk4EUZWlFzd3skqKnrvFDhNQU928SpongBMEktjbIVuc |
| 4 | 50 | https://lh3.googleusercontent.com/JaDXAFQWCJV5ehew3yJrZtGiAibiPcVTxapDCG1mol_BZMsLGh7aYAs0SDGW4YfwgpGRD2fl1XC-_UzRcUPMf8duDnenEVwWogGFQIyTC1y_myeH5InsyWzEwL-M-56Z3OmNxZiMInx30MsCW7wly0E |
|  | 100 | https://lh5.googleusercontent.com/0ktyJuJLLB5acs0bg2fBOa6VYNsUoRX-Nf5w5u7Ra0kD2QHxiMSqvvH0VKA5D0Pdxb_rGwfkl9RrEeRSyhWqZWr5B32vYhmjK9_TkIsYVzbhS_hzxNnCTYABVDueSZYMqTeLPqPQ_0uECBBKoFc8OGQ |
|  | 250 | https://lh4.googleusercontent.com/Jycdc_2mNwgaYlckpprNo2oY1Z0ATiu5E5TC31m07BDHRNmBvr9OoNcsLz9tZ4C9Qvo__bEv2udXeHJMeSkJdctoTRTjXg49OhMSaMNO06zCkQpIwYCNkmmt2ybVMLvB0wDTgFSNgHDLqFf5a8F0HYo |
|  | 500 | https://lh3.googleusercontent.com/nLcSHMT_eAyIMklxKkjCqQrc7puh7YBOGbAO_9e-lIWT5vDw4GBG-YFogHJG-d9atjBx_6L9TjEmamNsUVhs0lyQ6KQqZhR85j9ICGMd-pOonzBjQ76ATHVghERmS_en1RbHCfwxOB1y7UPwWcuauUU |
|  | 1000 | https://lh6.googleusercontent.com/4oCff7GYOgtxk6JX5MQLYO7xe9ybGcRAeSV0Z_aUFF-PO9M2LOEu3UvvCPdXb7FXf06qghKOQcojKTwXn1NlQL5mD7s8J2UI86pN4XBs1Fz0oQUou_jE9QBYSZ4R3dkIeuAYmwNURLwQATwHChrnTPw |
| 5 | 50 | https://lh6.googleusercontent.com/8sbb6P41vrl7UjDWYx1zqbqhMQ1-iJFvyoXfGMgV7KFieHVrnuUAO8LG9AUJGyHDePrUFnUh8ojzFPBbd5z3odTKt5t6GnZGoOh3NG4T2beBqHjkwraNcDFCCYJ_FU1AZSr6FLkcrrG8JhJL6W6yJDw |
|  | 100 | https://lh3.googleusercontent.com/Eey-u5H09OzzshWtPnoTepMhysKmWe-l-AOnWUXMKMGaTyk0zP_4amonKLAXSvoQPtufbzphVoLJtm-PejxCKRDRsi4d5-aYsscotUOTlgvEnHcewfVsKzwubFU4JJHtRbFePyHh5xdxKE9ybXTvhBc |
|  | 250 | https://lh3.googleusercontent.com/RV7ZyRSYdiO6IS6smK17E3CwEYulrdA_nmwNobG0XYPaPOcS9n9t_jSRD4iQ1GWokl6YH5M1rp1qwzftmi7iHaB196lsqYNxaAkjRe5QZzqkNOTLHVvR34bTYh4dHca_0zJ4b3POpFTKLRJE86atuiU |
|  | 500 | https://lh4.googleusercontent.com/Ug7YhAF6NHcMuspzxPE-OORD-Mj6RaRFcKoTxuva11ALziQlQt3jvhkMBAnXaKwE_nMZAeGQLl75QF2x-dUbmZ4X_7VjxIPRb-iuZuwRgbN3qBOOtl3w8vqoizKfGUAdhYtkcBS54UjYGANbrB2Wj3A |
|  | 1000 | https://lh6.googleusercontent.com/SdtqBqIm9Y7txjE67q1LVmrSB52-gf1rJwQAYmknHkxWmaTmFMScpSXhOoNXmfACzKc0Mam_gUqRD_8dyXdqEZZ1aSN1ObXK75pWYbx_ZJf9ud0xDKIYW56PYCVkQe1cDNkzf2yk5es0ItoNfSaC6nI |
| 6 | 50 | https://lh3.googleusercontent.com/6GZXu9xUg0ftEHb8u4qFEJHNbt2zU_M_e4Dvvng_EOhJQ6D6XYjIUHWhPUbxqbo2SQ7iFds_KGPrWkwMMLqf-Q0w_-w8kHQ39ccsmjRRvpN7QcJvtIcujrwAZbLMuaPMlDoVNXEcU3wTB7Yr1ZqEQo8 |
|  | 100 | https://lh3.googleusercontent.com/6phaD9RbK75b5ZaJTsLFv8YVs63yZE_iKM0mr27P-tl8vxFRvH2t-79m5WxFhziFHJM46fCIr23Fu1sTP6Ex6XEAH6RZRMOVHALJN6zg8u7_6Li1qw7rrgBZDZTjo1W08OKb029s0Ww-W0eQsNNdg18 |
|  | 250 | https://lh4.googleusercontent.com/zyzp0kamXN5CeIFTeE-AeJOJYGVleKuFQJvDSOUpEOalW5iEDis-dQFu0dT2HfPuAQgagSJEQXFkrlI1Ln8cTeF1sXcoc17rHuCkTSZzqMkNfnnol1bYlOqBqq_ySns2JlkByZmmxvRAKOnFEn-JH2Y |
|  | 500 | https://lh6.googleusercontent.com/eMxAVTs1Int4Sr5JLafiMuHdfMgmB7v9lgpHAe24VxWJf7KigkSOQQiSkATIeEqeeXr0vsFyWCGL_pt5gtp8ClJx9AhLmdEhUqEvrKcUeX4wrKmhwHl4SIlZDc0CJIbRvmKXjYaKoLj2pKHB0t9mgyw |
|  | 1000 | https://lh4.googleusercontent.com/FLDdD9odXEFly_O5z5XibwP-FrchBT0zKO5X1hx3MSi4qblZ1taCYY3QATE30CvnuT50Pdj3DJnRjtkstZrRBY0uPPDPgO-LqH0_EIQUcPOY3-i9zT3GnuHtTOfiKLMPyKjRyY_0nxW7dtailEPljig |
| 7 | 50 | https://lh6.googleusercontent.com/0VHIHqZOMLIxpCbHXzUYk2O9yHmE5d5ftzjhY3VBRWoKyydWErZdXkHqr48lR4SFYyLGuyPgNEGJX9aPaWQFCdiGNSCjK8TWioOuwZX7nry8YVGCBsAu99xbrpa-1PxeU54n5e94rwP7HFuqOFivV0k |
|  | 100 | https://lh6.googleusercontent.com/c4BJQFluaSOSSWFnQmmrNwF4Pmqj5gc4GmzJ_w1blE1II-oakoJ5h8k5NVhQDogDSGG_rhUuWjILcj3QllI6k4q4lsg_2A3oGuK9xxM0Zgvqjjp9wh0E5mvwHLT384b1le2-CA8z8bEWnZkvdYCuZwo |
|  | 250 | https://lh6.googleusercontent.com/hsuE19s3r8lOOWx4wSoKObibx6n3lKsYp8XZUXbmotuGD7PPkMRzMKojkCE1wuxRVEmDvCm_4G8sZDJnx66Ilo1itxWZICIa8h_6WDbcKitzvIQZ6fSi1kBCt6DnQrjTy--MWzUHg2B4avq2hAs22gs |
|  | 500 | https://lh4.googleusercontent.com/OBMvStX-vATQvSHKr5_dcF0cMkdxcfl-5IYyEJJKaSdLFx47e1UFf28aj8F4El7JvBOfIRCVloNOu4hhcB-OPBV3ZzvmASWRVXkBk6qHx0IFeAXzY9jhYF5l6CI9un2et83ONSMkhQr3LNz_68ktd28 |
|  | 1000 | https://lh3.googleusercontent.com/G8_eXWnyfpSTju0IvLW0PmEjdqY90USs4nZi-BqkO9Afa05jyEkf_-584S4BGdwQXjg5jSenc4_33r7DmAPLAGOgXitDHyg--G53zyBM7BcSMda_7iltzhVfkiMUlsGV_aCoeSUnaQqWwXQCWlTKhmw |
| 8 | 50 | https://lh6.googleusercontent.com/IcqJ5hQtv7hg7_G6AMQ4JYegRAmtUn544f7_KmdXEvSp3ceT_EITYbu7U9dC18dRlppJAUuzS0fu9tDpBKJXs_Xl86LZSVamdVJxHdnez-7pNhYGRNP2MsPdmVC806zbxDEpiUsdHkRVDlunJ6cYApk |
|  | 100 | https://lh6.googleusercontent.com/a90iMsX5X2Gv4esLRGzFNfOUCZhb8_n5lE1Z_2h189j55Abx3P__iyDIvS0Wupya9yMdmEQFthRSGbgaqmULImZrNsYyIsS_NYdkeQjreW8N__GzKW5uarR4aJN9J_1HEhDADQGgJ35G3P6OPUS9Du4 |
|  | 250 | https://lh6.googleusercontent.com/ZKc-PM09CHyReBqWuW2uW94dAg_pb2W--75-E30rTGHXNxRUOVu94rSt2sA9uW6Ldtqo35CLbY0NWzXm1NCzhz3sv2Ydlqx8OrVcrHrZ-6ueVW1TXb9wIR__BZlqvRgiHvnIPLq9keBTG54SnIYyOgs |
|  | 500 | https://lh4.googleusercontent.com/pMGm1P7jhq6EihdmYWEvs243Ob0XbtDJ0nz4vIV1FDwey_TZowhoTmz1gRYH42A56AZmo-Ugj5GYvBqUINCaNmrl5IWMW20WIkRyv8QPPxeE6nUcFc1nfFwXkRDywS1X9A4IPBWnx89_3wlNkw34TBc |
|  | 1000 | https://lh5.googleusercontent.com/LmTSZqUfHIEyvSnYR_CQxRFK5RmmjRJqLiovMcEp5r-C89id0pc_cFAkvSBpxRv6fSpaJEe3XY9AXbXBqhO667jackULUFrKXY1aDgsIKGUvo9nhnMWnPe6F3HXT9bdsG-wTD9w6DTzmmMDtetM6pOw |
| 9 | 50 | https://lh4.googleusercontent.com/WyTnRTfx6VtzVukv2n5khH7EVxoCg8AlDuFL2IJ1KwBLk6OgjIZUIXumuAcHbmUEFGpKXFbx-XzSeUhjD2dJix-294vCpIWW-Kfw3x3KW42q5E3D92e2XnIJIAAYCV8ixhpnd007j5hKOxZdCOIbvPU |
|  | 100 | https://lh4.googleusercontent.com/zOFy4MKgYk5dHlRuTv8rTPx5F9yh7-WdaV37ClekQrlX_Zx3fmLcPr1JShj5izjw07Dvx49pHSPqWE91LgedYVrClIY8VkFmlkUoD36HxDOUXB9r9OYgWrWK4Zw7yux0c6JDGXbzxXdJx7629gn1hmc |
|  | 250 | https://lh5.googleusercontent.com/WC6ofKgldwsCkSPDo5EBQBHOis6yN3Q1xPWk9Iw-qD1liATkjsK0g8bFQOthyawfOl4sf2qnlxY9Uak7Rw1r2n-tr1GrHAUW0TOwmgOabOSqEJOgDBh9JwxduYM7sLH33Ro837Jl70YZNGf3TWNsGmI |
|  | 500 | https://lh5.googleusercontent.com/VDUKSPYgViKuejG0NsTL4yLiA-XvRdyYOkI25nuZpowRbe11h6_-sy1s60WL0BII0qC69LbX-0JQUSreZFwVFXzhlV9eiX4b5FAiGaKfSGU2wh4fdVH_Q1I3J1S6RuExiu7Ahb5qmAv0t8SlcJjfaRw |
|  | 1000 | https://lh3.googleusercontent.com/kuj2NvM5slNSyBa426Zqj9b7QAGpfiXeiWKdjlRd9ceuGQ1rR7o7Kem0sgsZnJnii_HQGymONmA9SdBViGpeBcOJBGZS2JulFmNu0oY1NlfDJpGAsZ0oF8RfBnuSZJntDaSysDYq4n0DWQt17ZgzdaM |
| 10 | 50 | https://lh4.googleusercontent.com/t9ilbnaxwhhGY10wzMqwpEwBIOzydaLvdrdjlvBh2yJxbPKTOh68dfWOQaRDBs0LhBsuRZWqBG5O4t1tYTZKdQF1jXJtgqtE6SJVjVbuMqZapJGi30yMkowVzBzFAaB1z1LQzFqFInEYih1lKLUeUDc |
|  | 100 | https://lh6.googleusercontent.com/oBjnfVUAwzUT-ep_ss7mMKVhry_P1Y2bpNAyQirlijS2HSKL88fFLr5Xn93_69lTXKx6bqO7Gwh6w5YX9p6Djodi59gbYqPmkD7ggjr3k3WnAahP-f5dFiFpdGed797Qhe93jgQ-uGcGWDjxohMJxLQ |
|  | 250 | https://lh5.googleusercontent.com/A25Cz7oztl4ciXWMU94hAdd5RatYdLbUj4HomY-ZoVTY0ZCqzVn3hBRvahuzX0QZ1-b9QJdTuUfGUOnpuj_-b4Wrag72M5LAsgEFvMdxhckadT20v6jLIJaYdUyL0ABwoAmLVvMI9uo1CN1vvfdQlts |
|  | 500 | https://lh5.googleusercontent.com/VDnAIZFFNz_cB-kVdkLmgGUIT4xgy1s16v9Ujx0cnrifiJYrMf3NKEfDgEzes0MhSuLM4QHIHAQFFp68_eo9yQ6-BkPg8X1MrTKWihyt4OUxqcLrLnQ7sPGcA1BbooJcLb813qLWJtSSeS0KfwwO5hA |
|  | 1000 | https://lh6.googleusercontent.com/wtPyLzzA_U1L_SFcRgE1NRs7p7vuHoAOhbopHG2FfK_AJVCp5iNcGH0vchElyhvFABPgiXrY60VR8AmYTJaSj4hFwceJCyr87RC1W2kdeJtWNbXsOVdM1bt-4IPoNfzwL0IjTBV3hwWbQcYboFI-Jqw |

### B.2. Hasil Implementasi Artificial Neural Network

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **K** | **Epoch** | **RMSE** |
| 2 | 15 | 5.077675111568252 |
|  | 30 | 3.308905963296935 |
|  | 45 | 3.1125351998708717 |
|  | 60 | 2.328428960954137 |
|  | 75 | 2.3410310405597707 |
|  | 90 | 2.8894081457364864 |
|  | 105 | 0.9145345710529202 |
|  | 120 | 2.486604785602238 |
| 3 | 15 | 4.349816690851296 |
|  | 30 | 1.185050901482351 |
|  | 45 | 1.419123984131077 |
|  | 60 | 1.103317147379233 |
|  | 75 | 1.2677344372812165 |
|  | 90 | 0.7816953365196024 |
|  | 105 | 0.8258383592647051 |
|  | 120 | 1.3874999333541886 |
| 4 | 15 | 2.128592160228251 |
|  | 30 | 3.6652698115711777 |
|  | 45 | 1.602501021701588 |
|  | 60 | 1.6238574635755945 |
|  | 75 | 1.0774873164147554 |
|  | 90 | 1.6037173323680127 |
|  | 105 | 0.4929599799755078 |
|  | 120 | 0.56299675144724 |
| 5 | 15 | 2.157844079885183 |
|  | 30 | 1.1991356852105577 |
|  | 45 | 0.9760183937827757 |
|  | 60 | 1.326654052605502 |
|  | 75 | 0.7243277702605629 |
|  | 90 | 1.3416754523879937 |
|  | 105 | 1.1916578445469415 |
|  | 120 | 0.746181864831084 |
| 6 | 15 | 1.8877872681858854 |
|  | 30 | 1.382243885936311 |
|  | 45 | 1.0863240335818662 |
|  | 60 | 1.319727154869274 |
|  | 75 | 2.6038311594193204 |
|  | 90 | 1.3773723994213725 |
|  | 105 | 0.7115632375692152 |
|  | 120 | 0.934355266523096 |
| 7 | 15 | 1.7597646597941885 |
|  | 30 | 1.414998445687379 |
|  | 45 | 1.7869493907399876 |
|  | 60 | 1.5598473580813 |
|  | 75 | 1.3347538608344744 |
|  | 90 | 1.2210885548148813 |
|  | 105 | 1.053785568079155 |
|  | 120 | 0.88649628812792 |
| 8 | 15 | 1.7609847531652885 |
|  | 30 | 1.2451541394536363 |
|  | 45 | 1.7670223697444563 |
|  | 60 | 1.5158721338459302 |
|  | 75 | 0.8971200214387018 |
|  | 90 | 0.5262559060639354 |
|  | 105 | 1.66984355373789 |
|  | 120 | 0.701008972141199 |
| 9 | 15 | 2.2511837984439484 |
|  | 30 | 0.9656183070206177 |
|  | 45 | 1.1292643517931757 |
|  | 60 | 1.0534243143864066 |
|  | 75 | 1.8833592365320015 |
|  | 90 | 0.917752278888994 |
|  | 105 | 0.5878529966755875 |
|  | 120 | 1.3109461093875563 |
| 10 | 15 | 2.239774558701246 |
|  | 30 | 1.8325242129539727 |
|  | 45 | 1.4313917647647296 |
|  | 60 | 1.774891534478397 |
|  | 75 | 1.2483366230262396 |
|  | 90 | 1.0172893094154662 |
|  | 105 | 0.7662119998966219 |
|  | 120 | 0.7320914619043708 |

B.3. Hasil Implementasi Support Vector Regression

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **k** | **kernel** | **gamma** | **Cost** | **Epsilon** | **RMSE** |
| 2 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 8.87419 |
| 3 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 8.51308 |
| 4 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 8.15710 |
| 5 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.82429 |
| 6 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.81281 |
| 7 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.28936 |
| 8 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.37291 |
| 9 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.65842 |
| 10 | RBF | 0,001 | 100 | 0,01 | 7.33568 |

## Lampiran C Rancangan Aplikasi Del Predict

### C.1 Use Case Diagram



Gambar C. 1 Use Case Diagram Aplikasi

Pada **Gambar C.1** merupakan gambaran fungsionalitas dari aplikasi web yang akan digunakan sebagai simulator sistem prediksi jumlah pendaftar calon mahasiswa baru. Tahapan yang terjadi pada *use case diagram* di atas akan dijelaskan di dalam tabel berikut berikut ini.

Tabel C. 1 Deskripsi Use Case Diagram

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Use Case** | **Deskripsi** |
| 1 | Prediksi ANN | *Use case* ini menggambarkan bahwa aplikasi dapat melakukan prediksi dengan menggunakan algoritma ANN. |
| 2 | Prediksi SVR | *Use case* ini menggambarkan bahwa aplikasi dapat melakukan prediksi dengan menggunakan algoritma SVR. |
| 3 | Memilih nama sekolah | *Use case* ini menggambarkan bahwa aplikasi melakukan pemilihan nama sekolah yang akan diprediksi. |
| 4 | Klik button **Lakukan Prediksi** | *Use case* ini menunjukkan bahwa setelah *user* memilih nama sekolah, *user* mengklik button *lakukan prediksi* untuk memulai proses prediksi. |
| 5 | Menampilkan Hasil Prediksi | *Use case* ini menggambarkan bawa aplikasi akan menampilkan hasil prediksi pada halaman fitur yang dipilih. |

### C.2 Use Case Scenario

Pada subab ini akan menjelaskan mengenai prosedur dari sistem yang akan dibangun. Berikut ini adalah *use case scenario* dari aplikasi *Del Predict*.

Tabel C. 2 Use Case Scenario Prediksi ANN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Use Case* | : | Prediksi ANN |
| Deskripsi | : | *Use case* ini menggambarkan bahwa aplikasi dapat melakukan prediksi ANN |
| Aktor | : | *User* |
| Kondisi Awal | : | Sistem menampilkan halaman home *Del Predict* |
| Kondisi Akhir |  | Sistem menampilkan hasil prediksi |
| Skenario | | |
| Aksi Aktor | | Reaksi Sistem |
| 1.*User* memilih fitur **ANN** | |  |
|  | | 2.Menampilkan halaman prediksi ANN |
| 3. Memilih nama sekolah yang akan diprediksi | |  |
| 4. Mengklik button **Lakukan Prediksi** | |  |
|  | | 5.Menampilkan nilai hasil prediksi |

Tabel C. 3 Use Case Scenario Prediksi SVR

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Use Case* | : | Prediksi SVR |
| Deskripsi | : | *Use case* ini menggambarkan bahwa aplikasi dapat melakukan prediksi SVR |
| Aktor | : | *User* |
| Kondisi Awal | : | Sistem menampilkan halaman home *Del Predict* |
| Kondisi Akhir | : | Sistem menampilkan hasil prediksi |
| Skenario | | |
| Aksi Aktor | | Reaksi Sistem |
| 1.*User* memilih fitur **SVR** | |  |
|  | | 2.Menampilkan halaman prediksi SVR |
| 3.Memilih nama sekolah yang akan diprediksi | |  |
| 4. Mengklik button **Lakukan Prediksi** | |  |
|  | | 5.Menampilkan nilai hasil prediksi |

### C.3 Design Aplikasi

Berikut ini merupakan *design* tampilan dari aplikasi yang akan dijadikan sebagai simulator dari pemodelan algoritma.



Gambar C. 2 Halaman Home



Gambar C. 3 Halaman Prediksi SVR



Gambar C. 4 Halaman Hasil Prediksi SVR



Gambar C. 5 Halaman Prediksi ANN

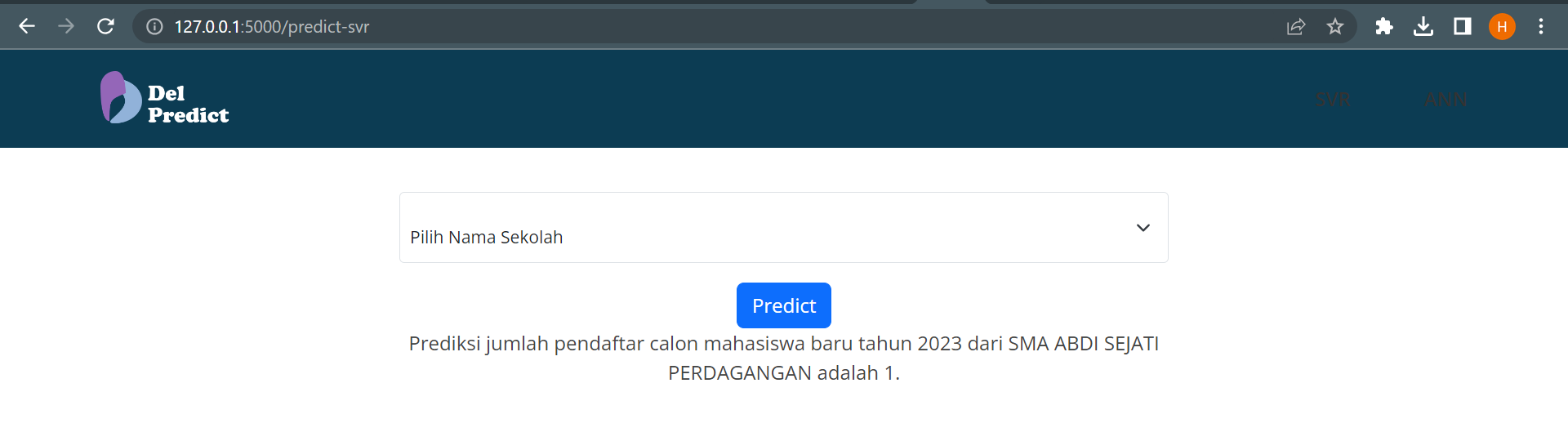


Gambar C. 6 Halaman Hasil Prediksi ANN

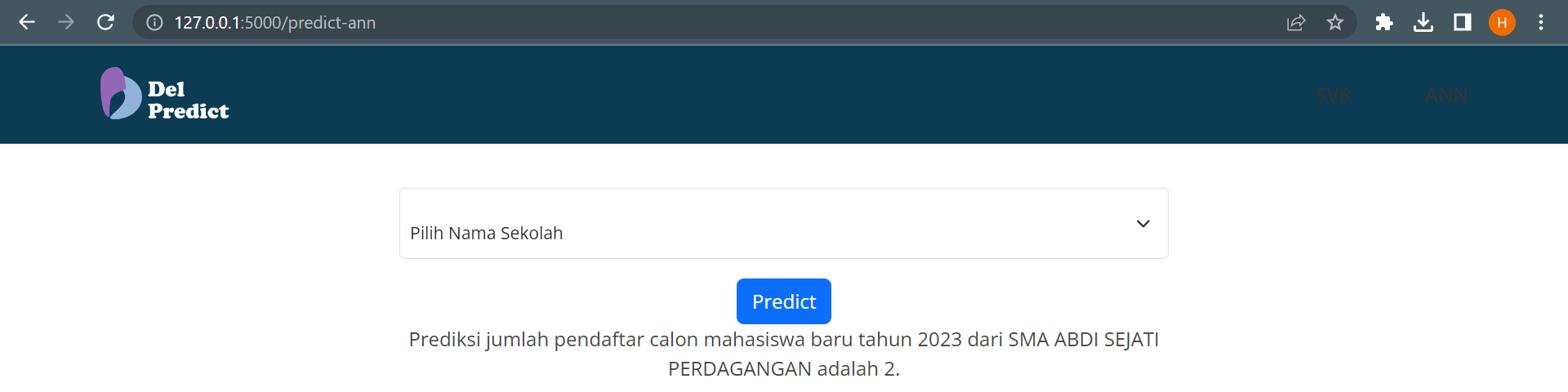
## Lampiran D Hasil Pembangunan Aplikasi Del Predict



Gambar D. 1 Halaman Home



Gambar D. 2 Halaman SVR



Gambar D. 3 Halaman ANN

## Lampiran E Hasil Uji Validasi

### E.1. Hasil Uji Validasi Algoritma Support Vector Regression

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nama Sekolah** | **Target** | **Prediksi** |
| SMA ABDI SEJATI PERDAGANGAN | 2 | 1 |
| SMA ADVENT PEMATANG SIANTAR | 0 | 1 |
| SMA ASISI PEMATANG SIANTAR | 3 | 1 |
| SMA BINTANG TIMUR BALIGE | 53 | 11 |
| SMA BINTANG TIMUR PEMATANG SIANTAR | 2 | 5 |
| SMA BRIGJEN KATAMSO 1 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA BUDI MULIA PEMATANG SIANTAR | 10 | 11 |
| SMA BUDI MURNI 1 MEDAN | 3 | 4 |
| SMA BUDI MURNI 2 MEDAN | 1 | 1 |
| SMA CAHAYA MEDAN | 0 | 2 |
| SMA CINTA RAKYAT PEMATANG SIANTAR | 1 | 1 |
| SMA FRANSISKUS SIBOLGA | 0 | 1 |
| SMA GLOBAL PERSADA MANDIRI | 0 | 1 |
| SMA KALAM KUDUS MEDAN | 0 | 2 |
| SMA KAMPUS FKIP HKBP NOMENSEN | 0 | 1 |
| SMA KARTIKA JAYA 1-4 | 0 | 0 |
| SMA KATOLIK KABANJAHE | 2 | 1 |
| SMA KATOLIK SIBOLGA | 4 | 3 |
| SMA KATOLIK TRISAKTI MEDAN | 0 | 2 |
| SMA KRISTEN IMMANUEL | 0 | 1 |
| SMA KRISTEN KALAM KUDUS PEMATANG SIANTAR | 0 | 2 |
| SMA MANDIRI TANGERANG | 1 | 1 |
| SMA MARKUS MEDAN | 3 | 1 |
| SMA MARS PEMATANG SIANTAR | 0 | 0 |
| SMA METHODIST 1 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA METHODIST 2 MEDAN | 0 | 2 |
| SMA METHODIST 8 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA METHODIST-AN PANCUR BATU | 2 | 1 |
| SMA NASRANI 1 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 BABELAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 BALIGE | 43 | 8 |
| SMA NEGERI 1 BANDAR | 0 | 2 |
| SMA NEGERI 1 BINJAI | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 DOLOK PANRIBUAN | 4 | 1 |
| SMA NEGERI 1 DOLOK PARDAMEAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 DOLOK SANGGUL | 0 | 2 |
| SMA NEGERI 1 GALANG DELI SERDANG | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 GIRSANG SIPANGAN BOLON | 5 | 7 |
| SMA NEGERI 1 HABINSARAN | 14 | 4 |
| SMA NEGERI 1 KABANJAHE | 5 | 1 |
| SMA NEGERI 1 KOLANG | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 1 KOTA SERANG | 11 | 3 |
| SMA NEGERI 1 KUALUH HULU | 1 | 3 |
| SMA NEGERI 1 LABUHAN DELI | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 LAGUBOTI | 42 | 11 |
| SMA NEGERI 1 LIMAPULUH | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 1 LINTONG NIHUTA | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 LUBUK PAKAM | 3 | 3 |
| SMA NEGERI 1 LUMBAN JULU | 4 | 6 |
| SMA NEGERI 1 MANDAU | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 1 MATAULI PANDAN | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 1 MEDAN | 1 | 3 |
| SMA NEGERI 1 ONANRUNGGU | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 PAGARAN | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 1 PANCUR BATU | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 PANGARIBUAN | 4 | 3 |
| SMA NEGERI 1 PANOMBEIAN PANEI | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 PARMAKSIAN | 4 | 1 |
| SMA NEGERI 1 PEMATANG RAYA | 16 | 4 |
| SMA NEGERI 1 PEMATANG SIANTAR | 10 | 5 |
| SMA NEGERI 1 PERCIT SEI TUAN | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 1 PINTUPOHAN MERANTI | 2 | 3 |
| SMA NEGERI 1 RANTAU UTARA | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 1 SIANJURMULAMULA | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 SIANTARNARUMONDA | 48 | 15 |
| SMA NEGERI 1 SIBOLGA | 4 | 2 |
| SMA NEGERI 1 SIBORONGBORONG | 14 | 12 |
| SMA NEGERI 1 SILAEN | 25 | 10 |
| SMA NEGERI 1 SIMANINDO | 31 | 2 |
| SMA NEGERI 1 SIPOHOLON | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 1 SUNGAI LALA | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 TAMBUSAI | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 TANAH JAWA | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 TARUTUNG | 12 | 15 |
| SMA NEGERI 1 TEBING TINGGI | 3 | 5 |
| SMA NEGERI 1 ULUAN | 17 | 6 |
| SMA NEGERI 11 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 12 MEDAN | 3 | 8 |
| SMA NEGERI 14 MEDAN | 4 | 3 |
| SMA NEGERI 15 MEDAN | 3 | 2 |
| SMA NEGERI 17 MEDAN | 7 | 10 |
| SMA NEGERI 18 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 BALIGE | 57 | 13 |
| SMA NEGERI 2 BANDAR | 0 | 2 |
| SMA NEGERI 2 DOLOKSANGGUL | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 2 LINTONGNIHUTA | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 LUBUK PAKAM | 13 | 4 |
| SMA NEGERI 2 MANDAU | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 MEDAN | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 2 PANGURURAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 PEMATANG SIANTAR | 2 | 6 |
| SMA NEGERI 2 RANTAU SELATAN | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 2 RANTAU UTARA | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 SIBOLGA | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 SIBORONGBORONG | 3 | 7 |
| SMA NEGERI 2 SILAEN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 TAMBUN SELATAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 TARUTUNG | 1 | 5 |
| SMA NEGERI 21 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 3 MEDAN | 0 | 3 |
| SMA NEGERI 3 PADANG SIDEMPUAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 3 PEMATANG SIANTAR | 6 | 8 |
| SMA NEGERI 3 TARUTUNG | 15 | 7 |
| SMA NEGERI 3 TEBING TINGGI | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 4 BINJAI | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 4 MEDAN | 8 | 5 |
| SMA NEGERI 4 PEMATANG SIANTAR | 33 | 12 |
| SMA NEGERI 4 SIBOLGA | 5 | 3 |
| SMA NEGERI 45 JAKARTA | 13 | 3 |
| SMA NEGERI 5 MEDAN | 17 | 11 |
| SMA NEGERI 5 PEMATANG SIANTAR | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 54 | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 6 BEKASI | 3 | 1 |
| SMA NEGERI 6 MANDAU | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 6 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 6 PEMATANG SIANTAR | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 7 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 8 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 9 MEDAN | 1 | 0 |
| SMA NUSANTARA LUBUK PAKAM | 2 | 1 |
| SMA PELITA PEMATANG SIANTAR | 0 | 0 |
| SMA RK SANTA MARIA PAKKAT | 2 | 1 |
| SMA RK SERDANG MURNI | 0 | 0 |
| SMA SANTA LUSIA SEI ROTAN | 0 | 0 |
| SMA SANTA MARIA KABANJAHE | 2 | 1 |
| SMA SANTA MARIA MEDAN | 0 | 0 |
| SMA SANTO MICHAEL PANGURURAN | 2 | 3 |
| SMA SANTO THOMAS 1 MEDAN | 9 | 8 |
| SMA SANTO THOMAS 2 MEDAN | 11 | 6 |
| SMA SANTO THOMAS 3 MEDAN | 7 | 4 |
| SMA SANTO YOSEPH MEDAN | 2 | 1 |
| SMA ST. MARIA TARUTUNG | 6 | 4 |
| SMA SUTOMO 1 MEDAN | 0 | 2 |
| SMA SUTOMO 2 MEDAN | 4 | 1 |
| SMA SW. HKBP PARAPAT | 6 | 2 |
| SMA SW. HKBP PEMATANG SIANTAR | 0 | 0 |
| SMA SWASTA ADVENT PEKANBARU | 0 | 0 |
| SMA SWASTA BUDISATRYA | 1 | 0 |
| SMA SWASTA F.TANDEAN TEBING TINGGI | 0 | 0 |
| SMA SWASTA R.A KARTINI SEI RAMPAH | 0 | 0 |
| SMA SWASTA SULTAN ISKANDAR MUDA | 4 | 1 |
| SMA TELADAN MEDAN | 0 | 0 |
| SMA TELADAN PEMATANG SIANTAR | 0 | 0 |
| SMA TRI RATNA SIBOLGA | 0 | 0 |
| SMA UNGGUL DEL | 3 | 3 |
| SMA W. R. SUPRATMAN 2 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA WIDYA NUSANTARA | 0 | 0 |
| SMA YADIKA 3 TAMBUN | 2 | 0 |
| SMK BINTANG TIMUR PEMATANG SIANTAR | 1 | 1 |
| SMK GKPS-2 | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 1 BALIGE | 43 | 10 |
| SMK NEGERI 1 BERINGIN | 1 | 2 |
| SMK NEGERI 1 LAGUBOTI | 2 | 1 |
| SMK NEGERI 1 LUBUK PAKAM | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 1 LUMBANJULU | 11 | 3 |
| SMK NEGERI 1 MEDAN | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 1 PERCUT SEI TUAN | 2 | 0 |
| SMK NEGERI 1 SIATAS BARITA | 2 | 1 |
| SMK NEGERI 1 SIBORONGBORONG | 5 | 1 |
| SMK NEGERI 1 SIGUMPAR | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 2 BALIGE | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 9 MEDAN | 8 | 1 |
| SMK PARBINA NUSANTARA | 0 | 0 |
| SMK PGRI 07 BALIGE | 0 | 0 |
| SMK PRESTASI PRIMA JAKARTA TIMUR | 1 | 0 |
| SMK ST NAHANSON PARAPAT SIPOHOLON | 2 | 1 |
| SMK SW. ARJUNA LAGUBOTI | 1 | 1 |
| SMK SW. PERSIAPAN | 0 | 0 |
| SMK SWASTA ABDI SEJATI | 0 | 0 |
| SMK SWASTA BATAM BUSINESS SCHOOL | 0 | 0 |
| SMK SWASTA KARYA TARUTUNG | 0 | 0 |
| SMK SWASTA TRISULA DOLOKSANGGUL | 13 | 2 |
| SMK TELADAN MEDAN | 2 | 1 |
| SMK TELKOM SANDHY PUTRA MEDAN | 0 | 1 |
| SMK TI METHODIST 8 MEDAN | 1 | 1 |
| SMK YADIKA 6 | 1 | 0 |
| SMK YAYASAN SOPOSURUNG | 0 | 0 |
| TAMAN SISWA | 0 | 0 |
| YP. TRISAKTI LAGUBOTI | 2 | 1 |
| **MAPE** | | 53,91 % |

### E.2. Hasil Uji Validasi Algoritma Artificial Neural Network

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama Sekolah | Target | Nilai Prediksi |
| SMA ABDI SEJATI PERDAGANGAN | 2 | 0 |
| SMA ADVENT PEMATANG SIANTAR | 0 | 0 |
| SMA ASISI PEMATANG SIANTAR | 3 | 1 |
| SMA BINTANG TIMUR BALIGE | 53 | 47 |
| SMA BINTANG TIMUR PEMATANG SIANTAR | 2 | 8 |
| SMA BRIGJEN KATAMSO 1 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA BUDI MULIA PEMATANG SIANTAR | 10 | 29 |
| SMA BUDI MURNI 1 MEDAN | 3 | 11 |
| SMA BUDI MURNI 2 MEDAN | 1 | 3 |
| SMA CAHAYA MEDAN | 0 | 1 |
| SMA CINTA RAKYAT PEMATANG SIANTAR | 1 | 1 |
| SMA FRANSISKUS SIBOLGA | 0 | 0 |
| SMA GLOBAL PERSADA MANDIRI | 0 | 0 |
| SMA KALAM KUDUS MEDAN | 0 | 6 |
| SMA KAMPUS FKIP HKBP NOMENSEN | 0 | 0 |
| SMA KARTIKA JAYA 1-4 | 0 | 0 |
| SMA KATOLIK KABANJAHE | 2 | 4 |
| SMA KATOLIK SIBOLGA | 4 | 4 |
| SMA KATOLIK TRISAKTI MEDAN | 0 | 4 |
| SMA KRISTEN IMMANUEL | 0 | 0 |
| SMA KRISTEN KALAM KUDUS PEMATANG SIANTAR | 0 | 4 |
| SMA MANDIRI TANGERANG | 1 | 1 |
| SMA MARKUS MEDAN | 3 | 6 |
| SMA MARS PEMATANG SIANTAR | 0 | 0 |
| SMA METHODIST 1 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA METHODIST 2 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA METHODIST 8 MEDAN | 0 | 2 |
| SMA METHODIST-AN PANCUR BATU | 2 | 5 |
| SMA NASRANI 1 MEDAN | 0 | 2 |
| SMA NEGERI 1 BABELAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 BALIGE | 43 | 45 |
| SMA NEGERI 1 BANDAR | 0 | 4 |
| SMA NEGERI 1 BINJAI | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 DOLOK PANRIBUAN | 4 | 3 |
| SMA NEGERI 1 DOLOK PARDAMEAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 DOLOK SANGGUL | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 GALANG DELI SERDANG | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 GIRSANG SIPANGAN BOLON | 5 | 11 |
| SMA NEGERI 1 HABINSARAN | 14 | 7 |
| SMA NEGERI 1 KABANJAHE | 5 | 1 |
| SMA NEGERI 1 KOLANG | 1 | 2 |
| SMA NEGERI 1 KOTA SERANG | 11 | 15 |
| SMA NEGERI 1 KUALUH HULU | 1 | 0 |
| SMA NEGERI 1 LABUHAN DELI | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 LAGUBOTI | 42 | 29 |
| SMA NEGERI 1 LIMAPULUH | 2 | 4 |
| SMA NEGERI 1 LINTONG NIHUTA | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 LUBUK PAKAM | 3 | 2 |
| SMA NEGERI 1 LUMBAN JULU | 4 | 6 |
| SMA NEGERI 1 MANDAU | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 1 MATAULI PANDAN | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 1 MEDAN | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 1 ONANRUNGGU | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 PAGARAN | 1 | 0 |
| SMA NEGERI 1 PANCUR BATU | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 PANGARIBUAN | 4 | 4 |
| SMA NEGERI 1 PANOMBEIAN PANEI | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 PARMAKSIAN | 4 | 2 |
| SMA NEGERI 1 PEMATANG RAYA | 16 | 11 |
| SMA NEGERI 1 PEMATANG SIANTAR | 10 | 11 |
| SMA NEGERI 1 PERCIT SEI TUAN | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 1 PINTUPOHAN MERANTI | 2 | 3 |
| SMA NEGERI 1 RANTAU UTARA | 2 | 4 |
| SMA NEGERI 1 SIANJURMULAMULA | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 SIANTARNARUMONDA | 48 | 45 |
| SMA NEGERI 1 SIBOLGA | 4 | 3 |
| SMA NEGERI 1 SIBORONGBORONG | 14 | 31 |
| SMA NEGERI 1 SILAEN | 25 | 25 |
| SMA NEGERI 1 SIMANINDO | 31 | 16 |
| SMA NEGERI 1 SIPOHOLON | 2 | 5 |
| SMA NEGERI 1 SUNGAI LALA | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 TAMBUSAI | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 1 TANAH JAWA | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 1 TARUTUNG | 12 | 36 |
| SMA NEGERI 1 TEBING TINGGI | 3 | 16 |
| SMA NEGERI 1 ULUAN | 17 | 14 |
| SMA NEGERI 11 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 12 MEDAN | 3 | 16 |
| SMA NEGERI 14 MEDAN | 4 | 5 |
| SMA NEGERI 15 MEDAN | 3 | 4 |
| SMA NEGERI 17 MEDAN | 7 | 17 |
| SMA NEGERI 18 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 2 BALIGE | 57 | 58 |
| SMA NEGERI 2 BANDAR | 0 | 4 |
| SMA NEGERI 2 DOLOKSANGGUL | 1 | 1 |
| SMA NEGERI 2 LINTONGNIHUTA | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 2 LUBUK PAKAM | 13 | 11 |
| SMA NEGERI 2 MANDAU | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 2 MEDAN | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 2 PANGURURAN | 0 | 2 |
| SMA NEGERI 2 PEMATANG SIANTAR | 2 | 7 |
| SMA NEGERI 2 RANTAU SELATAN | 1 | 3 |
| SMA NEGERI 2 RANTAU UTARA | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 2 SIBOLGA | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 SIBORONGBORONG | 3 | 16 |
| SMA NEGERI 2 SILAEN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 2 TAMBUN SELATAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 2 TARUTUNG | 1 | 11 |
| SMA NEGERI 21 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 3 MEDAN | 0 | 4 |
| SMA NEGERI 3 PADANG SIDEMPUAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 3 PEMATANG SIANTAR | 6 | 15 |
| SMA NEGERI 3 TARUTUNG | 15 | 29 |
| SMA NEGERI 3 TEBING TINGGI | 1 | 4 |
| SMA NEGERI 4 BINJAI | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 4 MEDAN | 8 | 8 |
| SMA NEGERI 4 PEMATANG SIANTAR | 33 | 28 |
| SMA NEGERI 4 SIBOLGA | 5 | 15 |
| SMA NEGERI 45 JAKARTA | 13 | 10 |
| SMA NEGERI 5 MEDAN | 17 | 18 |
| SMA NEGERI 5 PEMATANG SIANTAR | 2 | 2 |
| SMA NEGERI 54 | 1 | 4 |
| SMA NEGERI 6 BEKASI | 3 | 2 |
| SMA NEGERI 6 MANDAU | 2 | 1 |
| SMA NEGERI 6 MEDAN | 0 | 1 |
| SMA NEGERI 6 PEMATANG SIANTAR | 1 | 0 |
| SMA NEGERI 7 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 8 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA NEGERI 9 MEDAN | 1 | 0 |
| SMA NUSANTARA LUBUK PAKAM | 2 | 4 |
| SMA PELITA PEMATANG SIANTAR | 0 | 0 |
| SMA RK SANTA MARIA PAKKAT | 2 | 4 |
| SMA RK SERDANG MURNI | 0 | 0 |
| SMA SANTA LUSIA SEI ROTAN | 0 | 0 |
| SMA SANTA MARIA KABANJAHE | 2 | 6 |
| SMA SANTA MARIA MEDAN | 0 | 0 |
| SMA SANTO MICHAEL PANGURURAN | 2 | 7 |
| SMA SANTO THOMAS 1 MEDAN | 9 | 11 |
| SMA SANTO THOMAS 2 MEDAN | 11 | 24 |
| SMA SANTO THOMAS 3 MEDAN | 7 | 9 |
| SMA SANTO YOSEPH MEDAN | 2 | 1 |
| SMA ST. MARIA TARUTUNG | 6 | 10 |
| SMA SUTOMO 1 MEDAN | 0 | 9 |
| SMA SUTOMO 2 MEDAN | 4 | 3 |
| SMA SW. HKBP PARAPAT | 6 | 15 |
| SMA SW. HKBP PEMATANG SIANTAR | 0 | 0 |
| SMA SWASTA ADVENT PEKANBARU | 0 | 0 |
| SMA SWASTA BUDISATRYA | 1 | 2 |
| SMA SWASTA F.TANDEAN TEBING TINGGI | 0 | 0 |
| SMA SWASTA R.A KARTINI SEI RAMPAH | 0 | 0 |
| SMA SWASTA SULTAN ISKANDAR MUDA | 4 | 3 |
| SMA TELADAN MEDAN | 0 | 0 |
| SMA TELADAN PEMATANG SIANTAR | 0 | 0 |
| SMA TRI RATNA SIBOLGA | 0 | 0 |
| SMA UNGGUL DEL | 3 | 5 |
| SMA W. R. SUPRATMAN 2 MEDAN | 0 | 0 |
| SMA WIDYA NUSANTARA | 0 | 0 |
| SMA YADIKA 3 TAMBUN | 2 | 1 |
| SMK BINTANG TIMUR PEMATANG SIANTAR | 1 | 1 |
| SMK GKPS-2 | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 1 BALIGE | 43 | 45 |
| SMK NEGERI 1 BERINGIN | 1 | 11 |
| SMK NEGERI 1 LAGUBOTI | 2 | 2 |
| SMK NEGERI 1 LUBUK PAKAM | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 1 LUMBANJULU | 11 | 15 |
| SMK NEGERI 1 MEDAN | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 1 PERCUT SEI TUAN | 2 | 0 |
| SMK NEGERI 1 SIATAS BARITA | 2 | 6 |
| SMK NEGERI 1 SIBORONGBORONG | 5 | 1 |
| SMK NEGERI 1 SIGUMPAR | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 2 BALIGE | 0 | 0 |
| SMK NEGERI 9 MEDAN | 8 | 7 |
| SMK PARBINA NUSANTARA | 0 | 0 |
| SMK PGRI 07 BALIGE | 0 | 0 |
| SMK PRESTASI PRIMA JAKARTA TIMUR | 1 | 2 |
| SMK ST NAHANSON PARAPAT SIPOHOLON | 2 | 4 |
| SMK SW. ARJUNA LAGUBOTI | 1 | 1 |
| SMK SW. PERSIAPAN | 0 | 0 |
| SMK SWASTA ABDI SEJATI | 0 | 1 |
| SMK SWASTA BATAM BUSINESS SCHOOL | 0 | 0 |
| SMK SWASTA KARYA TARUTUNG | 0 | 0 |
| SMK SWASTA TRISULA DOLOKSANGGUL | 13 | 11 |
| SMK TELADAN MEDAN | 2 | 2 |
| SMK TELKOM SANDHY PUTRA MEDAN | 0 | 0 |
| SMK TI METHODIST 8 MEDAN | 1 | 1 |
| SMK YADIKA 6 | 1 | 1 |
| SMK YAYASAN SOPOSURUNG | 0 | 0 |
| TAMAN SISWA | 0 | 1 |
| YP. TRISAKTI LAGUBOTI | 2 | 1 |
| **MAAPE** | | 71,37 % |