

Data Mining

Implementasi Klasifikasi Data Tracer Study Pada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Dengan Pemanfaatan Data Mining Menggunakan Kombinasi Algoritma Support Vector Machine dan Neural Network

Dwihardini Dongoran^{}, Indah Purnama Sari*

Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 26 Agustus 2024

Revisi Akhir: 25 Maret 2025

Diterbitkan Online: 03 April 2025

KATA KUNCI^(*)

Klasifikasi
Support Vector Machine
Neural Network
Tracer Study
Data Mining

KORESPONDENSI

Phone: +62 822-4870-0674

E-mail: dhindongoran@gmail.com

A B S T R A K

Perguruan tinggi secara rutin melakukan Tracer Study setiap tahun bertujuan untuk mengimplementasikan kebutuhan data akreditasi di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara menggunakan teknik data mining. Penelitian ini fokus pada pemanfaatan kombinasi algoritma Support Vector Machine (SVM) dan Neural Network untuk mengoptimalkan klasifikasi data Tracer Study. SVM digunakan untuk mengatasi masalah klasifikasi non-linear dengan menemukan hyperplane optimal, sementara Neural Network digunakan untuk memodelkan dan mengenali pola kompleks dalam data. Metodologi penelitian meliputi pengumpulan data Tracer Study, preprocessing data, pelatihan model SVM dan Neural Network, serta evaluasi hasil klasifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi SVM dan Neural Network secara signifikan meningkatkan akurasi dan kehandalan klasifikasi data Tracer Study, memberikan wawasan yang berharga bagi pengambil kebijakan akademis dan penyusun kurikulum di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

PENDAHULUAN

Pendidikan adalah proses mengubah cara pemikiran dan sikap seseorang dalam mendewasakan diri melalui upaya pengajaran dan pelatihan mendidik, salah satunya diperguruan tinggi sebagai jenjang yang bisa mempersiapkan bekal masa depan untuk menghadapi dunia kerja, setelah lulus dari perguruan tinggi akan ada lulusan yang menghasilkan lulusan yang berkualitas. Disamping itu Pendidikan merupakan pilar yang sangat utama dalam pembentukan sumber daya manusia yang berkualitas dimana nantinya peran mereka dapat berkontribusi dan bersaing untuk kepentingan kemajuan berbangsa dan bernegara. Pendidikan juga bukan tentang pengajaran di kelas, melainkan bagaimana memberikan dampak yang cukup baik dan mempengaruhi kehidupan secara langsung bagi pelajar dan alumni setelah mereka menyelesaikan masa studi dan meninggalkan perguruan tinggi [1,2]. Pekerjaan yang diperoleh lulusan merupakan tolak ukur keberhasilan suatu perguruan tinggi tersebut dalam pendidikan. Lamanya mendapatkan pekerjaan juga bisa dibuat jadi tolak ukur bagaimana kualitas lulusan itu, jika lulusan tersebut mudah mendapatkan pekerjaan bisa jadi menandakan bahwa lulusan yang baik. Setiap perguruan tinggi mempunyai sebuah sistem dan bagaimana cara memperoleh lulusan terbaik yang berkualitas seperti melakukan Tracer study.

Tracer Study adalah metodologi yang digunakan untuk melacak keberhasilan akademis dan karier alumni universitas sehingga perguruan tinggi secara rutin melakukan Tracer study setiap tahun yang berguna sebagai pemenuhan kebutuhan

data akreditasi, perbaikan pembelajaran dan pengembangan kurikulum di perguruan tinggi agar bisa meningkatkan kualitas lulusan [3]. Dengan bukti data kelulusan ini dapat membantu universitas terutama dalam beberapa program studi dalam mengevaluasi kurikulum, menyesuaikan program pendidikan dengan tuntutan pasar kerja, serta meningkatkan kualitas pendidikan kemudian dengan pemanfaatan proses ekstraksi pola yang relevan atau informasi yang tersembunyi dari sebuah dataset.

Klasifikasi merupakan sebuah teknik analisis data yang berfungsi untuk mencari sekumpulan pola, model ataupun fungsi yang mampu menggambarkan, membedakan dan mengelompokkan objek data ke dalam beberapa kelas tertentu. Terdapat 3 (tiga) tahapan dalam klasifikasi [4,5]. Pertama, melakukan identifikasi dengan membentuk model dengan data training. Kedua, melakukan evaluasi model yang diperoleh pada tahap pertama. Yang terakhir atau ketiga, menerapkan model yang telah dievaluasi menggunakan data testing. Variabel dalam klasifikasi terdiri dari variabel prediktor dan variabel respon yang berupa variabel kategorik ordinal atau nominal. Variabel predictor merupakan faktor-faktor yang berpengaruh atau mampu menggambarkan variabel respon.

Metode data mining adalah salah satu metode yang digunakan dalam melakukan klasifikasi. Umumnya data mining dikelompokkan dalam dua kelompok besar verification dan discovery. Metode verification adalah metode yang umumnya merupakan teknik-teknik statistik, sebagai contohnya adalah goodness of fit, analisis variansi dan hypothesis testing. Sedangkan metode discovery dibedakan menjadi model deskriptif dan model prediktif. Model prediktif merupakan model yang melakukan prediksi terhadap data dengan hasil yang sudah diketahui pada data lain. Model ini diperoleh berdasarkan pada data historis lain dengan teknik regresi dan klasifikasi [6,7]. Metode klasifikasi dapat digunakan antara lain bayesian networks, neural networks, Support Vector Machines, decision trees, dan instance based.

Dalam konteks Tracer Study, data mining memungkinkan untuk menganalisis data alumni dan menemukan pola yang bermanfaat, seperti faktor-faktor yang memengaruhi kesuksesan karier alumni, tren industri yang diminati, atau korelasi antara program studi dengan keberhasilan karier. Dan untuk mengetahui proses tersebut maka dalam penggunaan data mining kita akan menggunakan dua algoritma yang berbeda yaitu Algoritma Support Vector Machine dan Neural network dimana dari sisi SVM dapat membantu mengklasifikasikan data alumni ke dalam kategori tertentu, misalnya, apakah mereka memiliki kesuksesan dalam karier atau tidak, berdasarkan berbagai fitur seperti jurusan studi, tingkat pendidikan, pengalaman kerja. Sedangkan melalui sisi Neural Network digunakan untuk mendeteksi pola kompleks dan hubungan non-linear dalam data alumni, membantu dalam prediksi jalur karier, gaji yang diharapkan, atau faktor-faktor penting lainnya yang mempengaruhi kesuksesan setelah lulus.

Diharapkan dengan mengetahui faktor yang dapat mengklasifikasikan tingkat kelancaran dalam mendapatkan pekerjaan, pihak universitas dapat memberikan kebijakan yang relevan sehingga kualitas lulusan akan semakin baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Tracer Study

Tracer Study merupakan informasi terhadap lulusan perguruan tinggi yang terkait dengan transisi perguruan tinggi dengan dunia kerja. Sasaran studi adalah lulusan perguruan tinggi baik yang sudah bekerja pada suatu instansi atau wirausaha maupun lulusan yang belum bekerja.

Hasil penelitian tracer study juga merupakan salah satu syarat untuk diakui oleh Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT). Penelitian tracer dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara manual atau secara online. Menurut Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT), perguruan tinggi didirikan untuk:

1. Menguasai, memanfaatkan, menyebarkan, mentransformasikan, dan mengembangkan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni (Ipteks)
2. Mempelajari, menjelaskan, dan melestarikan budaya
3. Meningkatkan kualitas hidup masyarakat

Tracer Study juga memberikan informasi yang berharga dari evaluasi hasil pendidikan dan pelatihan di instansi tertentu, dengan demikian tracer study mampu menyediakan sebuah keputusan untuk membuat rencana kegiatan pendidikan yang akan datang [8,9].

Tracer Study berperan penting bagi perguruan tinggi dalam memantau lulusan, mengukur hubungan antara tujuan pendidikan dan proses yang dihasilkan dengan status lulusan.

Tracer study dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara input pendidikan tinggi (situasi dan kondisi pembelajaran, profil mahasiswa, pengalaman, dan motivasi), proses pendidikan tinggi (belajar dan mengajar), output pendidikan tinggi (pengetahuan, keterampilan, motivasi, dan nilai), dan hasil pendidikan (masa transisi ke pekerjaan dan kontribusi kepada masyarakat) [10,11].

Data Mining

Data mining mencakup serangkaian metode yang digunakan untuk mengidentifikasi pola-pola yang sebelumnya tersembunyi dalam kumpulan data yang telah terkumpul [12]. Dalam beberapa penelitian mendefinisikan data mining sebagai proses menemukan pola dan pengetahuan yang menarik dari sejumlah data yang besar. Sumber data dapat mencakup database, data warehouse, web, tempat penyimpanan informasi lainnya, atau secara dinamis data yang dialirkan ke dalam sistem [13]. Data mining adalah analisis kumpulan data pengamatan (sering kali berukuran besar) untuk menemukan hubungan yang tidak terduga dan meringkas data dengan cara baru yang dapat dipahami dan berguna bagi pemilik data [14].

Data mining sebagai suatu proses yang digunakan untuk memperoleh pola, korelasi, dan tren baru untuk mengumpulkan data dengan jumlah yang besar dan disimpan dalam repositori dengan menggunakan teknik atau metode yang relevan serta teknologi pengenalan pola [15]. Teknik data mining yang paling banyak digunakan adalah klasifikasi. Klasifikasi sebagai teknik tertentu untuk mengkategorikan atau mengelompokkan data, bila data yang bersangkutan memiliki kelas atau label. Klasifikasi ini juga dapat digunakan untuk mengukur perubahan data atau peramalan data dari waktu ke waktu [16].

Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) adalah metode supervised learning yang menganalisis data dan mengenali pola. Support Vector Machine digunakan untuk analisis regresi dan klasifikasi dengan deteksi kebaruan. Biasanya pengelolaan diberikan sebuah set data pelatihan di dua kelas, algoritma Support Vector Machine membangun model atau fungsi klasifikasi yang menempatkan yang baru observasi ke salah satu dari dua kelas di kedua sisi hyperplane, menjadikannya pengklasifikasi linier biner (*Otchere et al., 2021*). Umumnya Algoritma pengelolaan SVM dibagi menjadi dua kategori, yaitu linier dan non-linier. SVM linier memisahkan data secara linier, artinya pemisahan dua kelas pada hyperplane dengan margin lunak. SVM non-linear, di sisi lain, melibatkan penggunaan teknik kernel untuk mengubah data menjadi ruang berdimensi tinggi [17,18].

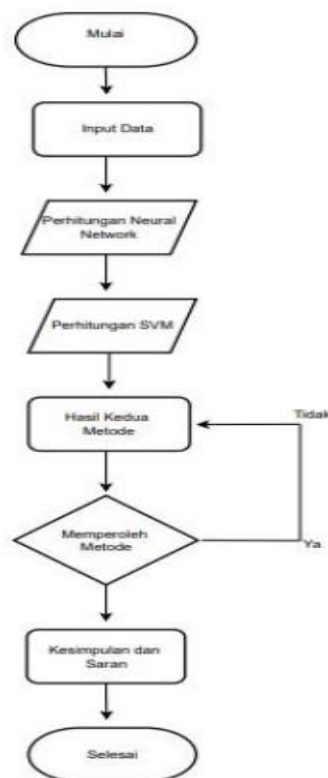
Neural Network

Jaringan syaraf tiruan atau Neural Network (NN) merupakan sistem prosesor parallel yang terhubung satu dengan yang lain dalam bentuk grafik. Konsep Neural Network ialah mengadopsi kemampuan otak manusia yang mampu memberikan rangsangan (stimulasi), melakukan proses dan memberikan output [19]. Kemudian adanya suatu generalisasi model matematis dari pemahaman manusia dengan membuat struktur hierarkis dengan meniru fisiologi otak untuk memperoleh model baru pemecahan suatu masalah di dunia nyata [20].

METODOLOGI

Perancangan Sistem

Pada tahap ini disusun kegiatan yang harus dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan dalam persiapan perancangan kegiatan untuk menghasilkan produk perangkat lunak yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada Implementasi Klasifikasi Data Tracer Study ini peneliti menggunakan diagram flowchart untuk menggambarkan alur perancangan aplikasi guna memberi gambaran mengenai proses perancangan sistem dari satu proses ke proses lainnya agar lebih mudah dipahami. Dibawah ini merupakan alur perancangan sistem aplikasi dalam bentuk flowchart :



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Berdasarkan pada Gambar 1. merupakan flowchart tahapan penelitian yang dimulai dengan tinjauan pustaka kemudian pengambilan sample data di tempat penelitian, selanjutnya melakukan perhitungan data menggunakan metode neural network, setelah mendapatkan hasil dari perhitungan tersebut. Langkah selanjutnya, menghitung data dengan menggunakan SVM. Setelah melakukan perhitungan dari kedua metode tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan hasil prediksi mana yang lebih akurat dari kedua metode tersebut. Lalu, akan di visualisasikan dengan kedua metode tersebut Kemudian pada tahap terakhir diperoleh kesimpulan dan saran dari penelitian tersebut.

Website

Website adalah layanan yang dapat bekerja dengan adanya jaringan internet. Website dapat diakses karena memiliki web server sebagai penyedia website. Website sendiri dapat diakses dimanapun asalkan memiliki jaringan internet. Website merupakan kumpulan komponen yang terdiri dari teks, suara, gambar, animasi, atau video. HTML merupakan bahasa baku dari website dan HTTP merupakan jalur pengiriman dokumen. Website dapat dikategorikan menjadi tiga kategori (Rochman Abdur et al., 2020).

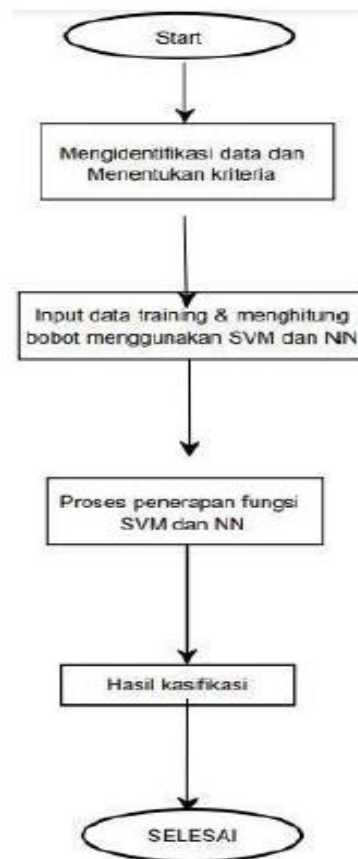
Hypertext Preprocessor

PHP singkatan dari Hypertext Preprocessor yaitu bahasa pemrograman web server-side yang bersifat open source. PHP merupakan script yang menyatu dengan HTML dan berada pada server (server side HTML embedded scripting). PHP adalah script yang digunakan untuk membuat halaman web yang dinamis. Dinamis berarti halaman yang akan ditampilkan dibuat saat halaman itu diminta oleh client (Aminuddin & Arjansyah, 2022). Mekanisme ini menyebabkan informasi yang diterima client selalu yang terbaru/ up to date. Semua script PHP dieksekusi pada server dimana script tersebut dijalankan.

PHP adalah bahasa pelengkap HTML yang memungkinkan dibuatnya aplikasi dinamis yang memungkinkan adanya pengolahan data dan pemrosesan data. Semua sintax yang diberikan akan sepenuhnya dijalankan pada server sedangkan yang dikirimkan ke browser hanya hasilnya saja. Kemudian merupakan bahasa berbentuk script yang ditempatkan dalam server dan diproses di server. Hasilnya akan dikirimkan ke client, tempat pemakai menggunakan browser. PHP dikenal sebagai sebuah bahasa scripting, yang menyatu dengan tag-tag HTML, dieksekusi di server, dan digunakan untuk membuat halaman web yang dinamis seperti halnya Active Server Pages (ASP) atau Java Server pages (JSP). PHP merupakan sebuah software Open Source (Hermiati Reza et al., 2021).

Penerapan Metode NN dan SVM

Dari hasil pengumpulan data yang telah dilakukan, didapatkan data berupa identifikasi data, input data dan proses penerapan yang berguna dalam penyelesaian permasalahan. Untuk langkah-langkah perhitungan metode NN dan SVM dapat dilihat dari Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Metode NN dan SVM

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil tampilan antar muka adalah tahapan dimana sistem atau aplikasi siap untuk dioperasikan pada keadaan yang sebenarnya sesuai dari hasil analisis dan perancangan yang dilakukan, sehingga akan diketahui apakah sistem atau aplikasi yang dibangun dapat menghasilkan suatu tujuan yang dicapai, dan aplikasi data mining ini dilengkapi dengan tampilan yang bertujuan untuk memudahkan penggunaannya. Fungsi dari interface (antarmuka) ini adalah untuk memberikan input dan menampilkan output dari aplikasi. Pada aplikasi ini memiliki interface yang terdiri dari menu login, Mahasiswa, dan menu proses.

Menu Utama

Dalam Menu Utama untuk menampilkan pada tampilan menu pada awal sistem yaitu menu login dan menu utama. Adapun menu Menu Utama sebagai berikut.

1. Menu Login

Menu login digunakan untuk mengamankan sistem dari user-user yang tidak bertanggung jawab sebelum masuk ke menu utama. Berikut adalah tampilan menu login :

Gambar 3. Menu Login

2. Menu Utama

Menu Utama digunakan sebagai penghubung untuk data Mahasiswa, proses dan laporan. Berikut adalah tampilan menu utama:



Gambar 4. Menu Utama

3. Halaman Administrator

Dalam administrator untuk menampilkan menu pengolahan data pada penyimpanan data kedalam database yaitu menu Mahasiswa dan proses Support Vector Machine Dan Neural Network Adapun menu halaman administrator utama sebagai berikut.

a. Menu Data Mahasiswa

Menu data Mahasiswa untuk pengolahan data Mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun menu data Mahasiswa adalah sebagai berikut.

No	NPM	Nama Lengkap	Prodi	Fakultas	IPK	Gaji	Aksi
1	1720070005	Dian Fitria Tanjung	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.21	Rp 2.500.000	edit hapus
2	1720070007	Chairani Ammy	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	2.84	Rp 2.000.000	edit hapus
3	1620070002	Itsna Nur Jannah Rifai	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.27	Rp 2.000.000	edit hapus
4	1620070011	Atika Erlina Nasution	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.09	Rp 2.000.000	edit hapus
5	1620070003	Nelly Sartika	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.2	Rp 3.200.000	edit hapus
6	1620070012	Beni Irawan	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	-	Rp 2.800.000	edit hapus
7	1720070002	Rini Triana	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.33	Rp 3.800.000	edit hapus
8	1720070009	Elfitri Br Purba	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	2.89	Rp 2.000.000	edit hapus
9	1720070008	Putri Nursakinah Piliang	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	2.94	Rp 500.000	edit hapus
10	1620070009	Sriwahyuni Fitrianita Purba	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	-	Rp 2.000.000	edit hapus

Gambar 5. Menu Data Mahasiswa

b. Menu Proses Support Vector Machine Dan Neural Network

Menu proses Support Vector Machine Dan Neural Network digunakan untuk melakukan proses pengolahan data klasifikasi data tracer study di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan menggunakan metode Decision Tree. Adapun menu proses Support Vector Machine Dan Neural Network adalah sebagai berikut.

No	NPM	Nama Lengkap	Prodi	Fakultas	IPK	Gaji	Prediksi SVM	Prediksi NN
1	1720070005	Dian Fitria Tanjung	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.21	Rp 2.500.000	Lulus	Cukup
2	1720070007	Chairani Ammy	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	2.84	Rp 2.000.000	Tidak Lulus	Cukup
3	1620070002	Itsna Nur Jannah Rifai	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.27	Rp 2.000.000	Lulus	Cukup
4	1620070011	Atika Erlina Nasution	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.09	Rp 2.000.000	Lulus	Cukup
5	1620070003	Nelly Sartika	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.2	Rp 3.200.000	Lulus	Cukup
6	1620070012	Beni Irawan	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	-	Rp 2.800.000	Tidak Lulus	Cukup
7	1720070002	Rini Triana	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	3.33	Rp 3.800.000	Lulus	Cukup
8	1720070009	Elfitri Br Purba	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	2.89	Rp 2.000.000	Tidak Lulus	Cukup

Gambar 6. Menu Proses Support Vector Machine Dan Neural Network

Pengujian

Pada bagian ini anda diminta untuk melakukan pengujian dengan sampling data baru dan pada bagian ini anda diminta untuk dapat menguji keakuratan sistem yang anda rancang dengan tools-tools yang sudah teruji dan terkalibrasi sebelumnya. Adapun hasil proses program dalam klasifikasi data tracer study adalah sebagai berikut.

UMSU

HomeData MahasiswaProses SVM dan NNLG-OUT

Data Mahasiswa

41	1602060061	Syafriani Dwi Marlina	Bimbingan dan konseling	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	-	0	Tidak Lulus	Cukup
42	1620010031	Abd. Aziz Tambunan	Magister Ilmu Hukum	Program Pascasarjana	2.93	0	Tidak Lulus	Cukup
43	1603090009	Nur Syafni	Ilmu Kesejahteraan Sosial	Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik	3.11	0	Lulus	Cukup
44	1602050104	Ayu Annisa	Pendidikan Bahasa Inggris	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	-	0	Tidak Lulus	Cukup
45	1406200206	Andy Ismawan	Ilmu Hukum	Fakultas Hukum	3.14	200000	Lulus	Cukup
46	1502040066	Sonahilzalahi Lubis	Pendidikan Bahasa Indonesia	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	3.51	3	Lulus	Bagus
47	1504300120	Abdoni Sitonus	Agribisnis	Fakultas Pertanian	-	1	Tidak Lulus	Cukup
48	1504290206	Trika Dharma	Agroteknologi	Fakultas Pertanian	3.57	3	Lulus	Bagus
49	1504290002	Devi Ananti Lestari Hulu	Agroteknologi	Fakultas Pertanian	3.12	0	Lulus	Cukup
50	1401270155	Adlina	Perbankan Syariah	Fakultas Agama Islam	2.92	3	Tidak Lulus	Cukup
51	1602030104	Ega Syah Handoyo	Pendidikan Matematika	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	-	0	Tidak Lulus	Cukup
52	1604310014	Kusti Ayu Ningtias	Teknologi Hasil Pertanian	Fakultas Pertanian	-	0	Tidak Lulus	Cukup

Persentase Hasil Prediksi

Total Mahasiswa: 1462

Lulus SVM: 48.08%

Tidak Lulus SVM: 51.92%

Bagus NN: 20.86%

Cukup NN: 79.14%

Gambar 7. Hasil Analisa Support Vector Machine Dan Neural Network

Pembahasan

Dalam pembahasan ini menjelaskan langkah-langkah penyelesaian masalah dalam perancangan Data mining dalam Analisa Support Vector Machine Dan Neural Network. Dengan menggunakan beberapa metode pengumpulan data yang akan dijabarkan pada pembahasan dapat menyelesaikan masalah dan mendapatkan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Adapun teknik-teknik dalam mengambil pengumpulan data adalah sebagai berikut :

1. Wawancara

Wawancara dilaksanakan untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai kasus maupun hal-hal terkait berlangsung proses klasifikasi diperusahaan tersebut. Wawancara dilakukan secara langsung terhadap Bapak Julpandi Sipayung Pemilik Usaha Univeristas Muhammadiyah Sumatera Utara . Berikut adalah data Mahasiswa klasifikasi data tracer study mulai tgl 1 Juli sampai 30 Agustus.

2. Pengambilan Data

Untuk pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang menyangkut dengan berhubungan dengan jenis data tracer study. Adapun data sebagai berikut:

NPM	Nama Lengkap	Prodi	Fakultas	Pekerjaan	Gaji	IPK
1720070005	Dian Fitria Tanjung	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Staff	2500000	3.21
1720070007	Chairani Ammy	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Founder	2000000	2.84
1620070002	Itsna Nur Jannah Rifai	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Staff	2000000	3.27
1620070011	Atika Erlina Nasution	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Tidak Ada	2000000	3.09
1620070003	Nelly Sartika	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Tidak Ada	3200000	3.2
1620070012	Beni Irawan	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	CoTidak AdaFounder	2800000	-
1720070002	Rini Triana	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Staff	3800000	3.33
1720070009	Elfitri Br Purba	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Tidak Ada	2000000	2.89
1720070008	Putri Nursakinah Piliang	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Tidak Ada	500000	2.94
1620070009	Sriwahyuni Fitrianita Purba	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Tidak Ada	2000000	-
1620070014	Nur Alfiani Hafidzah	Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Staff	2000000	3.4
1720070003	Witya Pangestika. S	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Founder	5000000	3
1720070004	Muhammad Yahfin Dasopang	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Staff	2000000	3.28
1620070008	Hafiza Yusni	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Tidak Ada	3700000	-
1620070001	Retno Warsih Khairani	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Freelance Kerja Lepas	0	3.04
1620070007	Agus Syafrizal	Magister Pendidikan Matematika	Program Pascasarjana	Tidak Ada	2000000	3.32
1502050013	Ariani	Pendidikan Bahasa Inggris	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	Freelance Kerja Lepas	500000	3.7
1502070024	Riky Prayudi	Pendidikan Akuntansi	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	Freelance Kerja Lepas	2000000	3.48
1601270003	Imawati	Perbankan Syariah	Fakultas Agama Islam	Staff	2500000	-
1708260027	Muhammad Iqbal	Kedokteran	Fakultas Kedokteran	Freelance Kerja Lepas	0	-
1605170005	Indra Purwanto	Akuntansi	Fakultas Ekonomi	Freelance Kerja Lepas	2000000	-
1607210174	Fani Fadillah Damanik	Teknik Sipil	Fakultas Teknik	Staff	2000000	-
1605170009	Khairin Nasuha Nur	Akuntansi	Fakultas Ekonomi	Staff	2000000	-
1502040119	Sri Ramadani Siregar	Pendidikan Bahasa Indonesia	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	Staff	1170000	3.64
1502050109	Rezeky Wahyuni Melati Z A	Pendidikan Bahasa Inggris	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	Tidak Ada	2000000	3.57
1605170129	Reza Triafilla	Akuntansi	Fakultas Ekonomi	Staff	800000	3.68
1601270029	Lufvita Melati Sukma Br. Sitorus	Perbankan Syariah	Fakultas Agama Islam	Tidak Ada	1500000	3.05
1605170207	Dilla Dama Yanti	Akuntansi	Fakultas Ekonomi	Tidak Ada	0	3.58
1820050028	Yunaldi	Magister Akuntansi	Program Pascasarjana	Tidak Ada	2300000	-
1708320112	Hadi Nurvan	Profesi Dokter	Fakultas Kedokteran	Freelance Kerja Lepas	2000000	-
1507220085	Muhammad Faisal Lubis	Teknik Elektro	Fakultas Teknik	Staff	2000000	-
1605170088	Ari Wibowo	Akuntansi	Fakultas Ekonomi	Tidak Ada	0	3.53
1603110044	Ari Andani Damanik	Ilmu Komunikasi	Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik	Freelance Kerja Lepas	3000000	-
1502050242	Yuli Yumira	Pendidikan Bahasa Inggris	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	Founder	300000	3.49
1607230046	Muhammad Urip Maulana	Teknik Mesin	Fakultas Teknik	Freelance Kerja Lepas	0	-
1505170832	Muhammad Iham Zakinabawi	Akuntansi	Fakultas Ekonomi	Staff	2000000	3.59
1502050153	Lydia Suci Antika	Pendidikan Bahasa Inggris	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	Staff	500000	3.69
1607210009	Edo Rizki Pradana Lubis	Teknik Sipil	Fakultas Teknik	Tidak Ada	5500000	3.19
1506200072	Muhammad Ryansyah Hasibuan	Ilmu Hukum	Fakultas Hukum	Staff	3400000	3.34
1502040036	Isman Suryani Hasibuan	Pendidikan Bahasa Indonesia	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	Staff	2000000	3.48
1605160088	M. Fadli Irawan	Manajemen	Fakultas Ekonomi	Founder	2000000	3.5

Gambar 8. Data Jenis Data Tracer Study

Implementasi SVM dan NN

Data mahasiswa telah divalidasi dan disesuaikan formatnya agar dapat dimasukkan ke dalam model SVM dan NN. Ini termasuk memastikan setiap nilai yang diperlukan (seperti IPK) tersedia dan sesuai dengan format yang dibutuhkan.

Tabel 1. Data Preprocessing

NPM	Nama Lengkap	IPK
1720070005	Dian Fitria Tanjung	3.21
1720070007	Chairani Ammy	2.84
1620070002	Itsna Nur Jannah Rifai	3.27
1620070011	Atika Erlina Nasution	3.09
1620070003	Nelly Sartika	3.2
1620070012	Beni Irawan	-
1720070002	Rini Triana	3.33
1720070009	Elfitri Br Purba	2.89
1720070008	Putri Nursakinah Piliang	2.94
1620070009	Sriwahyuni Fitrianita Purba	-
1620070014	Nur Alfiani Hafidzah	3.4
1720070003	Witya Pangestika. S	3
1720070004	Muhammad Yahfin Dasopang	3.28
1620070008	Hafiza Yusni	-
1620070001	Retno Warsih Khairani	3.04
1620070007	Agus Syafrizal	3.32
1502050013	Ariani	3.7
1502070024	Riky Prayudi	3.48
1601270003	Imawati	-
.....		
1502040119	Sri Ramadani Siregar	3.64

Dalam proses ini akan mengganti nilai IPK yang kosong ("-") dengan nilai rata-rata IPK dari data yang valid.

Perhitungan Rata-rata IPK:

1. Data IPK yang valid :
3.21, 2.84, 3.27, 3.09, 3.2, 3.33, 2.89, 2.94, 3.4, 3.0, 3.28, 3.04, 3.32, 3.7, 3.48, 3.64, 3.57, 3.68, 3.05, 3.58, 3.49, 3.53, 3.59, 3.69, 3.19, 3.34, 3.48, 3.5.

$$2. \text{ Rata-Rata} = \frac{\sum IPK}{\text{Jumlah Data Valid}}$$

3. Jumlah Data Valid adalah 1462

4. Rata-Rata IPK :

$$= \frac{(3.21 + 2.84 + 3.27 + 3.09 + 3.2 + 3.33 + 2.89... + 3.5)}{1462}$$

$$= \frac{4780,74}{1462}$$

$$= 3.27$$

Setelah melatih kedua model (SVM dan NN), Anda dapat menganalisis hasil prediksi dan membandingkan performa keduanya. Pastikan untuk memilih model yang memberikan hasil yang paling akurat dan sesuai dengan tujuan penelitian pada Gambar 9 sebagai berikut:

UMSU								
Data Mahasiswa								
41	1602080081	Syafriani Dwi Marlina	Bimbingan dan konseling	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	-	0	Tidak Lulus	Cukup
42	1820010031	Abd. Aziz Tambunan	Magister Ilmu Hukum	Program Pascasarjana	2.93	0	Tidak Lulus	Cukup
43	1603090009	Nur Syafni	Ilmu Kesejahteraan Sosial	Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik	3.11	0	Lulus	Cukup
44	1602050104	Ayu Annisa	Pendidikan Bahasa Inggris	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	-	-0	Tidak Lulus	Cukup
45	1406200206	Andy Ismawen	Ilmu Hukum	Fakultas Hukum	3.14	200000	Lulus	Cukup
46	1502040068	Sonahilzailahi Lubis	Pendidikan Bahasa Indonesia	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	3.51	3	Lulus	Bagus
47	1504300120	Abdoni Sitorus	Agribisnis	Fakultas Pertanian	-	1	Tidak Lulus	Cukup
48	1504290206	Trika Darma	Agroteknologi	Fakultas Pertanian	3.57	3	Lulus	Bagus
49	1504290002	Devi Ariantri Lestari Hulu	Agroteknologi	Fakultas Pertanian	3.12	0	Lulus	Cukup
50	1401270155	Adlina	Perbankan Syariah	Fakultas Agama Islam	2.92	3	Tidak Lulus	Cukup
51	1602030104	Ega Syah Handoyo	Pendidikan Matematika	Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan	-	0	Tidak Lulus	Cukup
52	1604310014	Kusti Ayu Ningtias	Teknologi Hasil Pertanian	Fakultas Pertanian	-	0	Tidak Lulus	Cukup
Persentase Hasil Prediksi								
Total Mahasiswa: 1462								
Lulus SVM: 48.08%								
Tidak Lulus SVM: 51.92%								
Bagus NN: 20.86%								
Cukup NN: 79.14%								

Gambar 9. Hasil Analisa Support Vector Machine dan Neural Network

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dari implementasi klasifikasi data Tracer Study pada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan pemanfaatan data mining menggunakan kombinasi algoritma Support Vector Machine (SVM) dan Neural Network (NN), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Berdasarkan hasil analisis, penggunaan kombinasi algoritma SVM dan NN secara efektif dapat digunakan untuk mengklasifikasikan data Tracer Study di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Hal ini didukung oleh pendekatan penelitian menggunakan observasi, wawancara, dan studi pustaka sebagai referensi yang relevan. Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi klasifikasi data dengan menggunakan

kombinasi SVM dan NN dalam pengolahan data alternatif dan variabel Tracer Study dapat membantu universitas membuat keputusan yang lebih akurat dalam pengelolaan data lulusan dan karir mereka. Metode Data Mining memungkinkan analisis lebih mendalam terhadap data lulusan, seperti status pekerjaan, bidang kerja, relevansi pendidikan, dan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap keberhasilan alumni di dunia kerja. Data yang telah diklasifikasikan dapat membantu pihak universitas dalam mengevaluasi kurikulum dan kebijakan akademik berdasarkan hasil tracer study. Support Vector Machine (SVM) menunjukkan keunggulan dalam menangani data dengan dimensi tinggi dan memberikan hasil klasifikasi yang cukup akurat dalam identifikasi pola hubungan alumni dengan dunia kerja. Neural Network mampu menangkap pola non-linear dalam data, sehingga memberikan performa lebih baik dalam memprediksi keterkaitan antara variabel tracer study. Kombinasi SVM dan Neural Network meningkatkan akurasi klasifikasi dibandingkan penggunaan satu algoritma saja, menunjukkan bahwa pendekatan hybrid lebih efektif dalam menangani dataset yang kompleks. Dari hasil pengujian, model kombinasi SVM dan Neural Network menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode tunggal. Metrik evaluasi seperti akurasi, precision, recall, dan F1-score menunjukkan bahwa model yang dikembangkan memiliki tingkat keandalan yang baik dalam mengklasifikasikan data tracer study.

DAFTAR PUSTAKA

Referensi Cetak:

Buku

Penulis. *Judul buku*. Lokasi Penerbit: Penerbit, tahun, halaman.

- [1] Indah Purnama Sari. Algoritma dan Pemrograman. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.
- [2] Janner Simarmata Arsan Kumala Jaya, Syarifah Fitrah Ramadhani, Niel Ananto, Abdul Karim, Betrisandi, Muhammad Ilham Alhari, Cucut Susanto, Suardinata, Indah Purnama Sari, Edson Yahuda Putra. Komputer dan Masyarakat. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.162.
- [3] Mahdianta Pandia, Indah Purnama Sari, Alexander Wirapraja Fergie Joanda Kaunang, Syarifah Fitrah Ramadhani Stenly Richard Pungus, Sudirman, Suardinata Jimmy Herawan Moedjahedy, Elly Warni, Debby Erce Sondakh. Pengantar Bahasa Pemrograman Python. Medan : Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.180
- [4] Zelvi Gustiana Arif Dwinanto, Indah Purnama Sari, Janner Simarmata Mahdianta Pandia, Supriadi Syam, Semmy Wellem Taju Fitrah Eka Susilawati, Asmah Akhriana, Rolly Junius Lontaan Fergie Joanda Kaunang. Perkembangan Teknologi Informatika. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.158
- [5] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Pemrograman Internet Dasar. Medan: UMSU Press, 2022, pp. 300.
- [6] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak. Medan: UMSU Press, 2021, pp. 228.

Jurnal

- [7] Sari, I.P., Jannah, A., Meuraxa, A.M., Syahfitri, A., & Omar, R. (2022). Perancangan Sistem Informasi Penginputan Database Mahasiswa Berbasis Web. Hello World Jurnal Ilmu Komputer 1 (2), 106-110
- [8] Satria, A., Ramadhani, F., & Sari, I.P. (2023). Rancang Bangun Sistem Informasi Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) Sekolah Menengah Kejuruan Telkom 2 Medan Menggunakan Codeigniter. Wahana Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat 2 (1), 23-31
- [9] Sari, I.P., Azzahrah, A., Qathrunada, I.F., Lubis, N., & Anggraini, T. (2022). Perancangan sistem absensi pegawai kantor secara online pada website berbasis HTML dan CSS. Blend sains jurnal teknik 1 (1), 8-15
- [10] Hariani, P.P., Sari, I.P., & Batubara, I.H. (2021). Android-Based Financial Statement Presentation Model. JURNAL TARBIYAH 28 (2), 1-16
- [11] Sari, I.P., Syahputra, A., Zaky, N., Sibuea, R.U., & Zakhir, Z. (2022). Perancangan sistem aplikasi penjualan dan layanan jasa laundry sepatu berbasis website. Blend sains jurnal teknik 1 (1), 31-37
- [12] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Batubara, I.H. (2021). Cluster Analysis Using K-Means Algorithm and Fuzzy C-Means Clustering For Grouping Students' Abilities In Online Learning Process. Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering 2 (1), 139-144
- [13] Hutasuhut, B.K., Sari, I.P., & Al-Khowarizmi, A. (2023). Analysis the Effect of Digitalization and Technology on Web-Based Entrepreneurship. Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering 4 (1), 350-354

- [14] Sari, I.P., Batubara, I. H., & Al-Khowarizmi, A. (2021). Sensitivity Of Obtaining Errors In The Combination Of Fuzzy And Neural Networks For Conducting Student Assessment On E-Learning. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)* 2 (1), 331-338
- [15] Sari, I.P., Fahroza, M.F., Mufit, M.I., & Qathrunad, I.F. (2021). Implementation of Dijkstra's Algorithm to Determine the Shortest Route in a City. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 2 (1), 134-138
- [16] Manurung, A.A., Nasution, M.D., & Sari, I.P. (2023). Implementation of Fuzzy K-Nearest Neighbor Method in Dengue Disease Classification. *2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 1-4
- [17] Sari, I.P., Batubara, I.H., Al-Khowarizmi, A., & Hariani, P.P. (2022). Perancangan Sistem Informasi Pengelolaan Arsip Digital Berbasis Web untuk Mengatur Sistem Kearsipan di SMK Tri Karya. *Wahana Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 1 (1), 18-24
- [18] Sari, I.P., & Batubara, I.H. (2021). Perancangan Sistem Informasi Laporan Keuangan Pada Apotek Menggunakan Algoritma K-NN. *Seminar Nasional Teknologi Edukasi dan Humaniora (SiNTESa)* (1).
- [19] Ramadhani, F., Satria, A., & Sari, I.P. (2023). Implementasi Metode Fuzzy K-Nearest Neighbor dalam Klasifikasi Penyakit Demam Berdarah. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 2 (2), 58-62
- [20] Sari, I.P., Batubara, I.H., & Basri, M. (2022). Implementasi Internet of Things Berbasis Website dalam Pemesanan Jasa Rumah Service Teknisi Komputer dan Jaringan Komputer. *Blend Sains Jurnal Teknik* 1 (2), 157-163
- [21] Sari, I.P., & Ramadhani, F. (2021). Pengaruh Teknologi Informasi Terhadap Kewirausahaan Pada Aplikasi Perancangan Jual Beli Jamu Berbasis WEB. *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan* 2 (1), 874-878
- [22] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., & Sulaiman, O.K. (2023). Implementation of the Selection Sort Algorithm to Sort Data in PHP Programming Language. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 4 (1), 377-381
- [23] Ichsan, A., Al-Khowarizmi, A., & Azhari, M. (2024). Implementation of The Sales and Purchase Program Application Using the Rapid Application Development Model Web Based. *Tsabit Journal of Computer Science* 1 (1), 27-34
- [24] Sari, I.P., & Batubara, I.H. (2021). User Interface Information System for Using Account Services (Joint Account) WEB-Based. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)* 2 (2), 462-469
- [25] Ramadhani, F., & Sari, I.P. (2021). Pemanfaatan Aplikasi Online dalam Digitalisasi Pasar Tradisional di Medan. *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan* 2 (1), 806-811
- [26] Sari, I.P., & Alfari, F. (2024). Perancangan Sistem Aplikasi Pendaftaran Membership Gym Menggunakan Metode Unified Software Development Process (USDP) Berbasis Web. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 3 (1), 37-48
- [27] Sari, I.P. (2020). Implementasi Pembayaran SPP Berbasis WEB Pada Sekolah Menengah Pertama (SMP) Muhammadiyah Kota Medan. *Jurnal Pengabdian Bareleng* 2 (03), 11-14
- [28] Habib, T.A., Azly, R., Irza, M.A., & Prasetya, I. (2024). User Interface Design for the Orca Music Player Mobile Application. *Tsabit Journal of Computer Science* 1 (1), 18-26
- [29] Sari, I.P., Batubara, I.H., Ramadhani, F., & Wardani, S. (2022). Perancangan Sistem Antrian pada Wahana Hiburan dengan Metode First In First Out (FIFO). *Sudo Jurnal Teknik Informatika* 1 (3), 116-123
- [30] Ramadhani, F., Satria, A., & Sari, I.P. (2022). Aplikasi internet berbasis website sebagai E-Commerce penjualan komponen sport car. *Blend Sains Jurnal Teknik* 1 (2), 69-75
- [31] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., Apdilah, D., & Basri, M. (2023). Rancangan UI/UX Aplikasi Analytics pada Toko Online Wao Sneakers Menggunakan Figma Berbasis Mobile. *Factory Jurnal Industri, Manajemen dan Rekayasa Sistem Industri* 1 (3), 93-101
- [32] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Batubara, I.H. (2021). Implementasi Aplikasi Mobile Learning Sistem Manajemen Soal dan Ujian Berbasis Web Pada Platform Android. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT* 3 (2), 178-183
- [33] Sari, I.P., & Ramadhani, F. (2021). User Interface Prototype Using User Centered System Design Method in Motorvice Information System. *2021 International Conference on Computer Science and Engineering (IC2SE)* 1, 1-6
- [34] Ramadhani, F., Sari, I.P., & Satria, A. (2024). Perancangan UI/UX Surat Keterangan Waris dalam Pengembalian Dana Haji Berbasis Web. *Blend Sains Jurnal Teknik* 2 (3), 198-203
- [35] Sari, I.P., Hariani, P.P., Satria, A., & Manurung, A.A. (2023). Rancang Bangun Sistem Informasi Pengelolaan Arsip Materi Ajar Berbasis Web untuk Guru MAS Darul Falah. *Wahana Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 2 (2), 59-65

- [36] Sari, I.P., Syafii, R., Lubis, D.F., Setyadi, A., & Nasution, P. (2022). Pemanfaatan fasilitas google dalam perkuliahan di fakultas teknologi informasi. *Blend Sains Jurnal Teknik* 1 (2), 107-113
- [37] Ramadhani, F., & Sari, I.P. (2021). Improving the Performance of Naïve Bayes Algorithm by Reducing the Attributes of Dataset Using Gain Ratio and Adaboost. *2021 International Conference on Computer Science and Engineering (IC2SE)* 1, 1-5
- [38] Sari, I.P., Sulaiman, O.K., Al-Khowarizmi, A., & Azhari, M. (2023). Perancangan Sistem Informasi Pelayanan Masyarakat pada Kelurahan Sipagimbar dengan Metode Prototype Berbasis Web. *Blend Sains Jurnal Teknik* 2 (2), 125-134
- [39] Sitompul, D.N., Rahmatika, A., & Sari, I.P. (2023). Application of The Sales and Purchase Program Using The Rapid Application Development Model. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal* 4 (1), 6-16
- [40] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 2 (3), 146-157
- [41] Sari, I.P., Sulaiman, O.K., Ramadhani, F., & Satria, A. (2023). Perancangan Sistem Manajemen Surat Berbasis Web Pada Kantor Camat Tano Tombangan Angkola. *INCODING: Journal of Informatics and Computer Science Engineering* 3 (2), 61-76
- [42] Guntur, S., Ichsan, A., & Sari, I.P. (2024). Designing a Web-Based Mail Management System at the Beringin Helvetia Sub-district Office. *Altafani: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 1 (1)
- [43] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., Jannah, A., Meuraxa, A.M., & Tanjung, M.I. (2023). Web-Based Offline Game Suit Design: A Model Overview. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 4 (2), 389-394
- [44] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., Sulaiman, O.K., & Apdilah, D. (2024). System Design for Ordering and Digitizing Website-Based Bus Tickets. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 5 (1), 543-549