

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Studi Pustaka

Terdapat beberapa penelitian yang dilakukan oleh para peneliti tentang penerimaan mahasiswa baru, dengan berbagai metode. Seperti yang terdapat pada penelitian Moch Ilham Wahyudin, dalam menyelesaikan kasus prediksi suatu golongan atau kelas dengan mencari data-data yang digolongkan calon mahasiswa yang lulus atau tidak tahap seleksi mahasiswa baru jalur non tulis menggunakan metode algoritma *Adaptive Neuro Fuzzy Inference system* (ANFIS). Algoritma ANFIS ini merupakan suatu algoritma yang bekerja seperti jaringan saraf tiruan yang digunakan untuk memprogram seperti cara kerja otak manusia, dimana FIS sendiri merupakan suatu *system* penalaran seperti manusia. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan performansi akurasi yang cukup baik dan menghasilkan nilai *error* yang kecil sehingga dapat digunakan sebagai evaluasi dan prediksi penerimaan mahasiswa baru jalur non-tulis (Mubarak *et al.*, 2021).

Pada penelitian St. Aisyah Hamri, penelitian juga dilakukan pada bidang Pendidikan yaitu menentukan indeks nilai akhir mata kuliah menggunakan metode algoritma *Adaptive Neuro Fuzzy Inference system* (ANFIS). Peneliti mengatakan, pada jaringan saraf tiruan dapat mengklasifikasikan suatu input data tanpa harus mempunyai target tertentu untuk menemukan suatu jawaban terbaik, sedangkan pada logika *Fuzzy* memiliki nilai *Fuzzynes* secara bersamaan antara benar dan salah. Namun pada nilai benar dan salah tersebut bergantung pada bobot kelompok yang dimiliki oleh *input* setiap data (Taylan & Karagözoğlu, 2009).

Penelitian menggunakan metode ini tidak hanya dilakukan pada bidang Pendidikan saja, tetapi metode ini juga banyak digunakan untuk penelitian di bidang Kesehatan. Penelitian Hardayanti mengenai prediksi kasus Covid-19 di Indonesia menggunakan algoritma *Adaptive Neuro Fuzzy Inference system* (ANFIS). Prediksi kasus terkonfirmasi Covid-19 di Indonesia menggunakan metode ANFIS menghasilkan keakuratan yang tinggi dan nilai *error* yang rendah. Metode ANFIS ini layak dipertimbangkan sebagai metode untuk menyelesaikan masalah prediksi (Khoirudin *et al.*, 2019).

Tabel 2. 1 Perbandingan Metode dan Penelitian Sebelumnya

No	Judul (Tahun)	Penulis	Objek	Metode					
				ANFIS	K-Means	CONV-LSTM	SES	MLP	Regresi
1	Prediksi Kelulusan Hasil Seleksi Mahasiswa Baru Jalur Non tulis Menggunakan Algoritma <i>Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)	M Ilham Wahyudin, 2017	Hasil rapor mahasiswa baru	√					
2	Analisis Tingkat Konsentrasi Berpikir Manusia Berdasarkan Eeg Dan Ekg Menggunakan <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>	Arib Bady Hakim Tan, 2020	Sinyal otak (EEG) dan sinyal dari detak jantung (EKG)	√					
3	Kajian <i>Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System</i> (ANFIS) Dalam Memprediksi Penerimaan Mahasiswa Baru Pada Universitas Buana Perjuangan Karawang	Tatang Rohana 2021	Data Mahasiswa yang mendaftar	√					
4	<i>Log-Data Clustering Analysis for Dropout Prediction in Beginner Programming Classes</i>	Oeda & Hashimoto, 2017	Dropout students		√				
5	<i>Deep analytic model for student dropout prediction in massive open online courses 2021</i>	Ahmed A. Mubarak	Dropout students			√			

No	Judul	Penulis	Objek	Metode					
				ANFIS	K-Means	CONV-LSTM	SES	MLP	Regresi
6	Penentuan Indeks Nilai Akhir Mata Kuliah Menggunakan <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)	St.Aisyah Hamri 2017	Nilai akhir pada mahasiswa	√					
7	Prediksi Kasus Covid 19 Di Indonesia Menggunakan Metode <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> 2020	Hardiyanti & Shofiyah, 2020	Pasien Covid-19	√					
8	Prediksi Jumlah Penerimaan Mahasiswa Baru Dengan Metode <i>Single Exponential Smoothing</i>	Wiwin Handoko, 2019	Data Mahasiswa yang mendaftar				√		
9	Prediksi Penerimaan Mahasiswa Baru Dengan <i>Multilayer Perceptron</i>	Khoirudin dkk., 2019	Data Mahasiswa yang mendaftar					√	
10	Analisis Prediksi Penerimaan Mahasiswa Baru Dengan Menggunakan Metode Regresi	Purwantoro, 2017	Data Mahasiswa yang mendaftar						√
12	Kajian Algoritma <i>Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System</i> (Anfis) Dalam Memprediksi Komitmen Mahasiswa Baru Ittp	Violita A	Data Mahasiswa yang berkomitmen masuk	√					

Berdasarkan rincian pada Tabel 2.1, dapat diketahui bahwa penelitian terhadap komitmen mahasiswa pada Institut Teknologi Telkom Purwokerto menggunakan algoritma *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* belum ada yang melakukan penelitian.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Definisi *Data mining*

Data mining adalah proses mencari informasi dalam bentuk pola yang menarik dalam data terpilih dengan menggunakan teknik atau metode tertentu. Pemilihan metode yang tepat tergantung pada tujuan dan proses KDD (*Knowledge Discovery in Database*) secara keseluruhan. *Data mining* mampu menganalisis data yang besar menjadi informasi berupa pola yang mempunyai arti bagi pendukung keputusan.

2.2.2. Metode *Data mining*

Beberapa metode *data mining*, yaitu:

1. Klasifikasi

Klasifikasi adalah untuk memprediksi/mengelompokkan suatu keadaan. Setiap keadaan berisi sekelompok atribut, salah satunya adalah kelas pada atribut, yang dimana setiap atribut memiliki beberapa kemungkinan nilai. Setiap kemungkinan nilai yang dimiliki atribut akan menunjukkan kelas yang diprediksi berdasarkan atribut.

2. *Clustering*

Clustering adalah teknik untuk mengeksplorasi data, metode ini digunakan pada suatu keadaan dimana mempunyai kasus banyak dan tidak memiliki pengelompokan secara alami. Jadi metode *clustering* ini digunakan untuk mencari pengelompokan data pada suatu kasus.

3. *Association*

Association disebut sebagai *market basket analysis*. Metode ini digunakan untuk mencari relasi atau kolerasi yang terdapat pada himpunan *item*. (Afriliana *et al.*, 2017)

2.2.3. *Preprocessing*

Preprocessing merupakan proses awal dalam mengolah data sebelum memasuki tahapan utama, *preprocessing* biasanya digunakan untuk menyederhanakan data yang akan dicoba oleh dan bisa mempercepat proses komputasi pada saat diproses oleh algoritma yang digunakan, berikut adalah contoh dari sedikit dari proses *preprocessing* (Hardiyanti & Shofiyah, 2020).

1. *Balancing data*

Balancing data merupakan bagian data metode *sampling*. Metode *sampling* atau yang biasa disebut dengan *resample* merupakan metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan *imbalance* data. Dengan adanya penerapan *resample* pada data yang *imbalance*, tingkat *imbalance* semakin menurun dan hasil klasifikasi dapat dilakukan dengan benar dan tepat. Sedangkan metode *sampling* dilakukan dengan menyeimbangkan jumlah distribusi data dengan meningkatkan jumlah data kelas minor (*oversampling*) dan mengurangi data mayor (*undersampling*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah SMOTE untuk proses *balancing*. *Synthetic Minority Oversampling Technique* (SMOTE) bekerja dengan mencari *k nearest neighbors* (yaitu ketetanggaan data) untuk setiap data dikelas minor, setelah *synthetic* data sebanyak prosentase duplikasi yang diinginkan antara data minor dan *k-nearest neighbors* yang dipilih secara random (Saepuloh *et al.*, 2019).

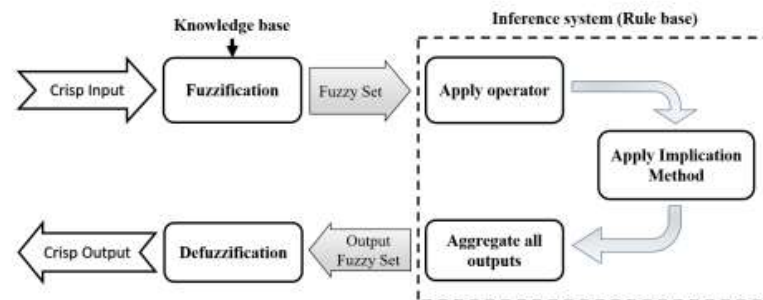
2. *Filtering Dataset*

Tujuan utama *filtering dataset* adalah untuk menghapus variabel yang memiliki banyak titik data yang hilang dan data *outlier*. Langkah-langkah pemisahan dataset adalah dengan menyediakan model *classifier* dataset yang akurat dan membagi dataset menjadi dua bagian. Bagian pertama digunakan untuk melatih pengklasifikasi dan bagian kedua digunakan untuk evaluasi akhir dari prediksi. Langkah pertama adalah dengan menghapus sebagian besar variabel yang memiliki persentase kehilangan titik data. Menghapus sampel yang terlalu jarang (*data outlier*) pada data penelitian (Amar Bensaber *et al.*, 2020).

2.2.4. Fuzzy Inference System (FIS)

Pada tahun 1965, Lotfi Zadeh memberikan kontribusi besar dalam dunia industri dari alat Logika *Fuzzy*, sebagai alat matematika yang menggambarkan ketidakpastian dalam model. Ini adalah teknik yang berhubungan dengan *imprecision* dan granularitas informasi. Teknik ini menggunakan *two-valued binary logic* yang mampu memecahkan berbagai macam masalah informasi yang tidak tepat dan tidak pasti. Alat dari logika fuzzy dan himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) digunakan untuk menggambarkan ketidakpastian suatu informasi. Dalam logika *fuzzy*, variabel adalah diwakili oleh istilah linguistik, bukan dengan numerik nilai-nilai. Pada metode dapat membantu dalam merepresentasikan variabel linguistik. FIS (*fuzzy inference system*) dapat diterapkan ketika hubungan antara variabel output dan input sistem tidak diketahui dan tidak dapat diidentifikasi secara matematis, tujuannya membangun hubungan antara *input* dan *output* serta mendapatkan koneksi terbaik antara variabel *output* dan *input* dari sistem (Abdel-Aleem *et al.*, 2017).

Sistem inferensi *Fuzzy* adalah sebuah sistem pengambilan keputusan yang didasarkan pada teori *Fuzzy*, aturan *Fuzzy* if-then dan logika *Fuzzy*. Menurut pada referensi, Struktur dasar sistem *Fuzzy* terdiri atas Sebuah baris aturan yang berisi aturan *Fuzzy* if-then, Basis data yang mendefinisikan fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy*, Unit pengambilan keputusan yang menyatakan operasi inferensi atas aturan-aturan yang ada. Fuzzifikasi (membentuk himpunan fuzzy) yang mentransformasikan masukan klasik (*crisp*) ke derajat tertentu sesuai dengan fungsi keanggotaan. *Inference system* untuk membentuk suatu *rule base* (pengambilan keputusan) yaitu dengan *apply operator*, menerapkan implikasi metode, dan agregat semua output ke satu *output fuzzy*. Defuzzifikasi (penegasan) yang mentransformasikan hasil inferensi *Fuzzy* ke dalam bentuk *crisp* atau menjadi nilai numerik. Sistem berbaris aturan *Fuzzy* memiliki 3 tahap yaitu *Fuzzification*, *Inference* dan *Defuzzification* (Hendikawati *et al.*, 2022). Berikut adalah gambar ilustrasi dari sistem *Fuzzy* yang dapat dilihat pada Gambar 2.1:



Gambar 2. 1 Diagram blok sistem berbasis aturan *Fuzzy*

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah tahapan yang mengubah masukan-masukan nilai kebenarannya yang bersifat pasti (*crisp*) kedalam *Fuzzy input*, yang berupa nilai linguistik yang sistematisnya ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu. Proses fuzzifikasi untuk merepresentasikan non-fuzzy nilai *input* dalam sifat *fuzzy* dengan menerjemahkan data input dari nilai numerik ke kuantitas linguistik. Hal ini dicapai oleh penerapan fungsi keanggotaan yang terkait dengan masing-masing himpunan *fuzzy* dalam *rule input*.

2. Sistem Inferensi

Sistem Inferensi digunakan untuk penalaran menggunakan *Fuzzy input* dan *Fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *Fuzzy output*. Proses inferensi mencakup langkah-langkah untuk memetakan data input yang telah disamakan (seperti yang diterima oleh fungsi keanggotaan setelah langkah fuzzifikasi) kebasis aturan, dan menghasilkan *output* yang disamakan untuk setiap aturan. Setelah proses inferensi, selanjutnya menggabungkan *output* dari semua aturan ke satu keluaran *fuzzy*. Derajat *output member function* ditentukan berdasarkan *input set* derajat keanggotaan dan hubungan antara set input (Alibakhshi *et al.*, 2021). Proses ini mencakup tiga langkah berdasarkan aturan logika *fuzzy* sebagai berikut:

a *Apply Operator*

Langkah ini menghasilkan satu output (antara 0 dan 1) mewakili semua bagian berdasarkan operator dari aturan. Operator AND dibawa

ke menjadi min (minimal) dan operator OR diganti sebagai maks (maksimum).

b *Apply Implication method*

Metode implikasi menerapkan fungsi yang sama yang digunakan dalam metode AND min (minimum), yang memotong kesimpulan keluaran dari himpunan *fuzzy*, dan menghasilkan (produk), yang menskalakan himpunan *fuzzy* keluaran.

c *Aggregate All fuzzy rules Outputs*

Sejak keputusan dari semua aturan telah didapat. Keluaran aturan harus digabungkan dalam beberapa cara untuk membantu dalam membuat final keputusan. Proses Agregasi menggabungkan *output* dari setiap aturan yang diwakili oleh himpunan *fuzzy* (Abbas *et al.*, 2022).

3. *Defuzzifikasi*

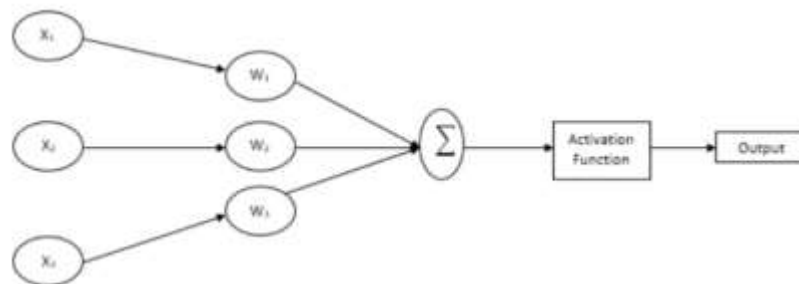
Defuzzifikasi berfungsi untuk mengubah *Fuzzy* output menjadi *crisp value* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan (Ricky Budi Setiawan, 2018). Proses defuzzifikasi adalah kebalikan dari proses fuzzifikasi proses karena mewakili hasil keluaran *fuzzy* dari menggabungkan semua konsekuensi aturan dalam nilai yang jelas. Di sana adalah lima metode yang dapat digunakan dalam *Defuzzification* proses: *bisector*, *centroid*, *smallest of the maximum*, *middle of maximum and largest of maximum*. Metode yang paling yang umum digunakan adalah *centroid* (Farhan *et al.*, 2018).

2.2.5. Artificial Neural Network (ANN)

ANN merupakan suatu jaringan yang meniru cara kerja otak manusia dimana pengolahan informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf. Pada jaringan saraf tiruan ini, kita bisa memberikan kecerdasan sistem tersebut, dimana sistem memiliki waktu yang diberikan untuk ‘belajar’ dan kemudian diharapkan dari proses belajarnya, sistem bisa memberikan solusi pada suatu kasus (Gupta *et al.*, 2017). Pada proses ANN dimulai dari input yang diterima oleh neuron dengan nilai bobot dari setiap input yang ada. Di dalam neuron terdapat nilai *input* yang akan dijumlahkan oleh suatu fungsi dan hasil dari proses penjumlahan akan diaktifasikan oleh setiap neuron dan hasilnya akan dijumlahkan dengan *threshold* (nilai ambang)

pada *input* yang masukkan. Pada aktivasi neuron ini memiliki syarat, yaitu jika nilai input melebihi *threshold*, maka aktivasi neuron akan dibatalkan, begitupun sebaliknya (Rohana, 2021).

Setelah neuron aktif, neuron akan mengirimkan nilai *output* melalui bobot output, ke semua neuron yang berhubungan dengannya. Proses tersebut akan terus berulang pada input selanjutnya. Pada struktur *Neural Network* ini memiliki banyak neuron. Neuron tersebut akan dikelompokkan kedalam beberapa layer dan setiap layer akan dihubungkan dengan neuron pada layer lainnya. Namun, tidak pada *layer input* dan *output*, tetapi hanya layer yang berada diantaranya. Informasi yang diterima pada layer input diteruskan ke layer ANN satu persatu hingga mencapai ke layer *output*. Struktur *Neural Network* dapat dilihat pada gambar 2.2 (Okwu & Adetunji, 2018).



Gambar 2. 2 Struktur *Neural Network*

Pada ANN mengandung beberapa bentuk *learning rule* yang memodifikasi bobotnya sesuai dengan pola masukan. Ada beberapa jenis learning yang digunakan pada jaringan saraf tiruan. *Rule* yang paling umum ialah *backpropagation*. Konsep kerja *Neural Network* jika dilihat dari layernya sebagai berikut:

1. Lapisan Input (*Input layer*)

Merupakan jaringan penghubung ke dunia luar (sumber data). Neuron tersebut tidak melakukan apapun pada data, tapi meneruskan data ke lapisan berikutnya.

2. Lapisan Tersembunyi (*Hidden Layer*)

Jaringan yang dapat memiliki lebih dari satu lapisan tersembunyi atau tidak memilikinya sama sekali.

3. Lapisan Output (*Output Layer*)

Pada *Output layer* ini kerja lapisannya sama dengan prinsip kerja *hidden layer* (Jalal *et al.*, 2020).

2.2.6. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

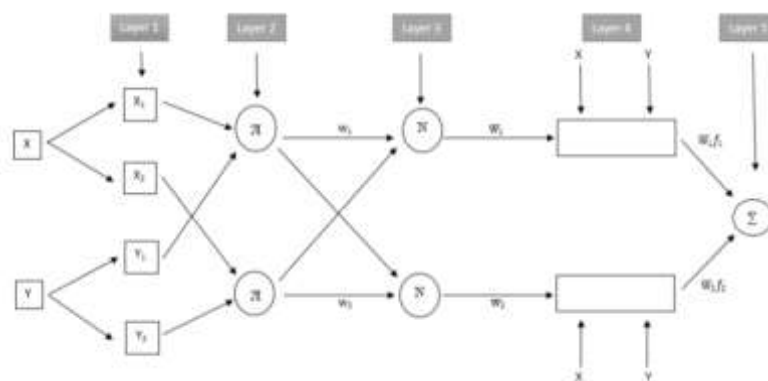
Perkembangan teknik atau metode peramalan terus berkembang dari waktu ke waktu, salah satunya adalah metode ANFIS yang berbasis *soft computing*. Sistem ini juga merupakan salah satu penerapan dari keilmuan teknik industri. Salah satu *body of knowledge* teknik industri yaitu matematika komputasi, dimana matematika komputasi merupakan salah satu cabang matematika yang mempelajari penyelesaian persoalan matematika secara komputasi. Matematika komputasi dipandang sebagai ilmu yang mengintegrasikan matematika terapan dan ilmu komputer. Penggunaan matematika komputasi yang semakin meningkat dalam kehidupan manusia pada era revolusi industri 4.0 ini sangat mutlak. Banyak masalah yang dapat dimodelkan secara matematika dan disimulasikan dengan bantuan komputer untuk menyelesaikan masalah tersebut (Janah & Astuti, 2019) (Zhang & Han, 2021).

Metode ini menggabungkan fungsi yang terdapat pada *neural network* dan *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* dapat memodelkan aspek kualitatif dari pengetahuan manusia dan membuat keputusan sebagaimana dilakukan oleh manusia dengan menerapkan *rule base* atau basis aturan. Sedangkan jaringan saraf tiruan (*neural network*) merupakan representasi buatan dari otak manusia yang akan mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia. Dengan menggabungkan kedua metode tersebut, akan mampu menutupi kelemahan dari masing-masing metode di mana proses pengambilan keputusan oleh *fuzzy logic* yang rumit dan lama bisa diotomatisasi oleh proses berfikir yang dilakukan oleh *neural network*. Dalam sistem ANFIS terdapat lima lapisan atau layer. Bentuk struktur ANFIS dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan sistem inferensi fuzzy yang digunakan adalah model Sugeno (Hardiyanti & Shofiyah, 2020).

Sistem *neuro-Fuzzy* berdasar pada sistem inferensi *Fuzzy* yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran yang diturunkan dari sistem jaringan syaraf tiruan. Dengan demikian, sistem *neuro-Fuzzy* memiliki semua kelebihan yang dimiliki oleh *Fuzzy Inference System* (FIS) dan sistem jaringan syaraf tiruan. Dari

kemampuannya untuk belajar maka sistem *neuro-Fuzzy* dapat disebut dengan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference system* (ANFIS)(Farida, 2018).

Pada sistem perancangan ANFIS merupakan sistem inferensi *Fuzzy* merupakan sebuah sistem dengan pengetahuan linguistik yang mudah dimengerti dan dapat dijalankan pada algoritma propagasi balik berdasarkan pasangan data masukan-keluaran dengan menggunakan arsitektur jaringan saraf tiruan. Metode ini memungkinkan sistem *Fuzzy* belajar. Gabungan dari system jaringan saraf (*neural network*) dengan system *Fuzzy* ini disebut dengan *adaptive neuro-Fuzzy inference system* (ANFIS)(Rizal & Efendi, 2020)(Indraputra & Fitriana, 2020).



Gambar 2. 3 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

Pada gambar diatas terlihat bahwa arsitektur ANFIS terdiri atas 5 layer dan setiap layer mempunyai fungsi yang berbeda. Dalam gambar Arsitektur ANFIS terdapat dua simpul yang berbeda yaitu, simpul adaptif (bersimbol kotak) dan simpul tetap (bersimbol lingkaran)(Pae *et al.*, 2018). Fungsi dari setiap lapis ialah sebagai berikut:

Layer 1 : Fuzzification

Fuzzification merupakan layer pertama yang dimasukkan setelah x dan y dimasukkan ke ANFIS. Pada lapisan pertama terjadi pembentukan himpunan *Fuzzy* yang akan dilakukan dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang dapat digunakan diantaranya, *Bell*, *Gaussian*, *Trap*, dan *Triangle*. Pada node ke – i pada lapisan ini adalah simpul adaptif sebagai berikut:

$$O_{1,i} = \mu_{Ai}(x) \quad \text{untuk } i = 1, 2 \text{ atau}$$

$$O_{1,i} = \mu_{A_{i-2}}(y) \text{ untuk } i = 3, 4$$

Pada x dan y merupakan input pada simpul ke i dan A_i merupakan label linguistik baik, sedang, buruk, dsb. Dengan kata lain $O_{1,i}$ adalah fungsi keanggotaan dari A_i dengan derajat keanggotaan x dan y terhadap A_i . Fungsi keanggotaan $\mu_{A_i}(x)$ didasarkan pada persamaan *bell* dengan nilai maksimum sama dengan 1 dan minimum sama dengan 0.

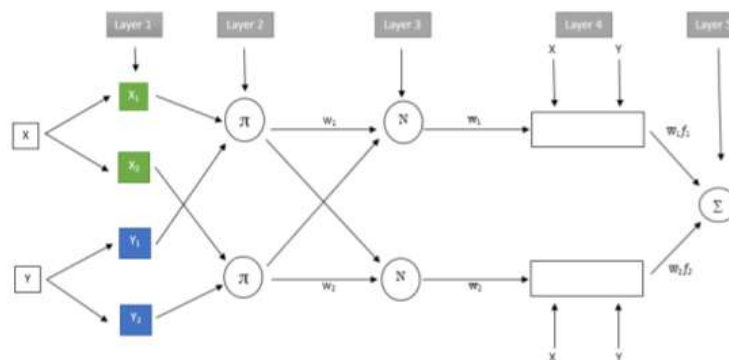
$$\mu_{A_i}(x) = bell(x; a, b, c) = \frac{1}{\left(1 + \left|\frac{(x-c)}{a}\right|^{2b}\right)} \dots \dots \dots (1)$$

- Keterangan:
- $\mu_{A_i}(x)$ = derajat keanggotaan
 - x = data masukkan
 - c = rata – rata
 - a = standard deviasi

Dimana kofisien a_i, b_i, c_i merupakan parameter set. Parameter ini berbanding lurus dengan berbagai macam fungsi keanggotaan untuk set *Fuzzy A*. Misalkan parameter c_i dan a_i dapat diatur dengan mengubah nilai dari pusat dan lebar dari kurva bell, sedangkan b_i digunakan untuk mengatur kemiringan kurva dan bernilai positif agak kurva tidak terbalik dan, jika parameter kurva bell berubah, maka kurva fungsi bell akan berubah. Sehingga akan terbentuk berbagai fungsi keanggotaan untuk himpunan linguistik a_1, \dots, a_i sesuai dengan model *Fuzzy sugeno*. Parameter dalam layer ini disebut sebagai premise parameter.

$$O_{2,i} = \mu_{A_i}(x) \text{ untuk } i = 1, 2, \dots \dots \dots (2)$$

Diagram Layer 1 *Fuzzyfication* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Layer 1 *Fuzzyfication*

Layer 2 : Product

Setiap simpul dalam layer 2 merupakan simpul non adaptif, yang mana outputnya adalah keluaran dari semua input yang masuk pada layer ini.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{A_{i-2}}(y) \dots\dots\dots (3)$$

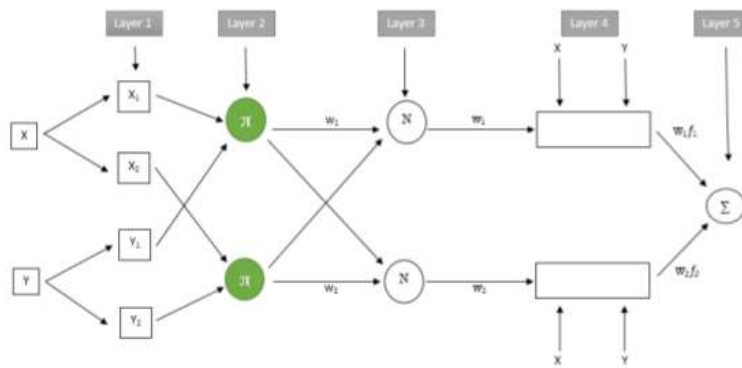
untuk $i = 1, 2, \dots, n$

Keterangan: $\mu_{A_i}(x)$ = tingkat keanggotaan

$\mu_{A_{i-2}}(y)$ = tingkat keanggotaan

W = kekuatan tembak

Setiap keluaran simpul menyatakan derajat keaktifan (*firing strength*) tiap aturan *Fuzzy*. Banyaknya simpul pada layer ini menunjukkan banyaknya aturan yang dibentuk. Fungsi perkalian yang digunakan adalah interpretasi kata hubung and. Diagram Layer 2 dapat dilihat pada Gambar 2.5.



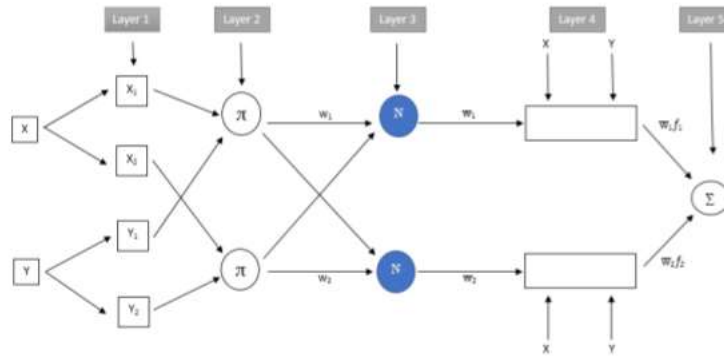
Gambar 2. 5 Layer 2 Logika *Fuzzy*

Layer 3 : Normalitation

Setiap simpul pada layer ini merupakan simpul nonadaptif yang menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi yaitu rasio keluaran simpul ke-i pada layer sebelumnya terhadap seluruh keluaran lapisan sebelumnya (Ramadani, 2017), dengan bentuk fungsi simpul apabila dibentuk lebih dari dua aturan pada aturan *firing strengths*:

$$O_{3,i} = \bar{w} = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1, 2, \dots \dots\dots (4)$$

Setiap output pada layer ini disebut *normalized firing strengths* (derajat pengaktifan ternormalisasi). Diagram Layer 3 *Fuzzyfikasi* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



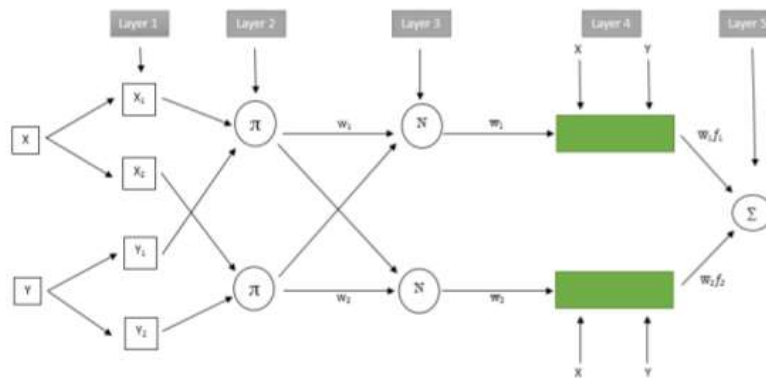
Gambar 2. 6 Layer 3 Normalisasi

Layer 4 : Defuzzification

Setiap simpul merupakan simpul adaptif dengan fungsi simpul.

$$O_{3,I} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i(p_i x + q_i y + r_i) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana \bar{w}_i adalah derajat pengaktifan ternormalisasi dari layer 3 dan $\{p_i, q_i, r_i\}$ menyatakan parameter konsekuen yang adaptif. Diagram Layer 1 Fuzzyfikasi dapat dilihat pada Gambar 2.7.



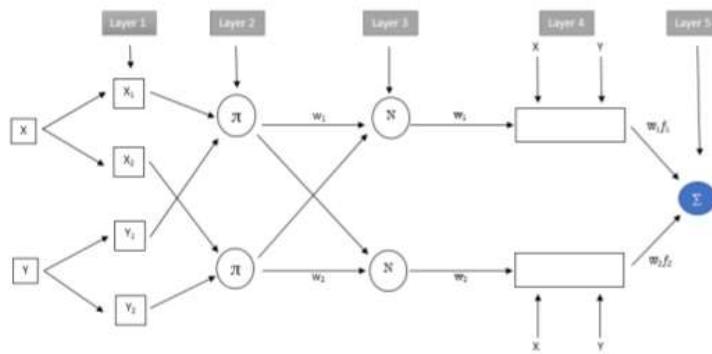
Gambar 2. 7 Layer 4 Least Square Estimation

Layer 5 : Output

Layer ini terdapat satu simpul tetap untuk menjumlahkan masukan

$$O_{3,I} = \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \dots\dots\dots(6)$$

Jaringan adaptif dengan lima lapisan tersebut ekuivalen dengan sistem inferensi Fuzzy sugeno(Bamakan *et al.*, 2021). Diagram Layer 1 Fuzzyfikasi dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Layer 5 Output Jaringan

2.2.7. Pengukuran kinerja sistem

Hasil prediksi dengan menggunakan algoritma ANFIS diukur dari 3 tahap yaitu *confusion matrix* untuk proses klasifikasi dalam mengelompokkan data. Selain itu untuk mengukur *error* yang didapatkan menggunakan RMSE.

1. *Confusion Matrix*

Pengukuran kinerja hasil proses klasifikasi memiliki empat buah kemungkinan yang dapat dicapai yaitu *true positive* (TP), *true negative* (TN), *false positive* (FP), dan *false negative* (FN). *True positive* dan *true negative* merupakan hasil prediksi yang benar dan salah. *False positive* adalah kesalahan prediksi yang terjadi ketika seorang mahasiswa yang dinyatakan registrasi tetapi prediksi mendeteksi tidak melakukan registrasi. *False negative* adalah kesalahan prediksi yang terjadi ketika mahasiswa tidak melanjutkan registrasi tetapi diprediksi dinyatakan dia telah menyelesaikan registrasi. Berikut Tabel prediksi dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Prediksi Hasil ANFIS

	Prediksi Lanjut	Prediksi Tidak Lanjut
Lanjut	TP	FN
Tidak Lanjut	FP	TN

Berikut adalah pemaparan dari TP, FP, TN, dan FN ditunjukkan pada Tabel

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FP} \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TN+TP+FN+FP} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

TP: True Positive

FP: False Positive

TN: True Negative

FN: False Negative

2. Mean Absolute Deviation (MAD)

Metode untuk mengevaluasi metode peramalan menggunakan jumlah dari kesalahan-kesalahan yang absolut. *Mean Absolute Deviation* (MAD) mengukur ketepatan ramalan dengan merata-rata kesalahan dugaan (nilai absolut masing-masing kesalahan). MAD berguna ketika mengukur kesalahan ramalan dalam unit yang sama sebagai deret asli. MAD merupakan ukuran pertama kesalahan peramalan keseluruhan untuk sebuah model. Rumus untuk menghitung MAD adalah sebagai berikut MAD

$$MAD = \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - y'_t|}{n} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

X_t : Nilai *actual*

$Y' t$: Nilai yang diprediksi

n: Jumlah data

3. Mean Square Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. MSE merupakan rata-rata selisih kuadrat antara nilai yang diramalkan dan yang diamati (Faisal *et al.*, 2018). Rumus untuk menghitung MSE adalah sebagai berikut

$$MSE = \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - f'_t|^2}{n} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

x_t : Nilai Aktual

f_t : Nilai yang diprediksi