

Model Perhitungan Kebutuhan *Bandwidth* Jaringan Komputer menggunakan Sistem Pakar Fuzzy dengan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*(ANFIS) : Studi Kasus PT.GMF Aero Asia Cengkareng

Deni Kuswoyo^{#1}, Nazori Agani^{#2}

[#]*Program Studi Magister Ilmu Komputer, Universitas Budi Luhur*

Jl. Raya Ciledug, Petukangan Utara, Jakarta Selatan 12260

¹denikuswoyo@gmail.com

²nazori.agani@gmail.com

Abstraksi — Pesatnya perkembangan internet dan infrastruktur pertumbuhan membutuhkan ketersediaan *bandwidth* yang tinggi untuk memenuhi operasional perusahaan. Dalam menyeimbangkan kebutuhan *bandwidth* dengan biaya akses sewa, membutuhkan perhitungan *bandwidth* yang efisiensi dengan model pengiriman layanan. Input data *bandwidth*, diperoleh dengan menggunakan data inbound dan outbound. Untuk menentukan kebutuhan *bandwidth*, salah satu pendekatan yang digunakan adalah Fuzzy Logic. Kriteria untuk menentukan kebutuhan *bandwidth* diproses menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* berbasis model (ANFIS). Data output yang dihasilkan akan menentukan kebutuhan *bandwidth* untuk meng-upgrade atau tidak. Dalam penelitian ini telah menggunakan beberapa fungsi keanggotaan untuk menghasilkan dugaan tingkat paling dekat dengan kondisi nyata. Mengakibatkan kesalahan terkecil yang terdapat dalam metode Hybrid dengan jenis MF trapmf untuk menghasilkan error = 6.0182e-06.

Kata kunci : *Bandwidth*, Jaringan Komputer, Efisiensi, Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*, Matlab

Abstract -The rapid development of the internet and infrastructure growth requires high bandwidth availability to meet the company's operational end. In balancing the necessity bandwidth with the rent access cost require calculation model efficiency service delivery bandwidth. Input data bandwidth, gained by using the inbound and outbound data. To determine the bandwidth requirement, one of the approach used are Fuzzy Logic. Criteria for determining the bandwidth requirements are processed using a modeling-based *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). The resulting output data will determine the bandwidth requirements to be upgrade or not. In this study I have been using several membership functions to produce the alleged level closest to the real conditions. Resulted the smallest error contained in the Hybrid method with type MF trapmf to generate error = 6.0182e-06.

Key Words: *Bandwidth*, Computer Network, Efficiency, Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*, Matlab

I. PENDAHULUAN

PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia (GMF AeroAsia) adalah sebuah perusahaan berskala internasional yang merupakan anak perusahaan PT. Garuda Indonesia, Tbk. Perusahaan ini berdiri pada tahun 1984 sebagai Garuda Maintenance Facility Support Centre yang berfungsi sebagai pusat maintenance atau perbaikan berbagai jenis pesawat. Selanjutnya pada tahun 2002, PT. GMF AeroAsia berdiri secara terpisah dari PT. Garuda Indonesia, Tbk dan membuka layanan ke maskapai penerbangan lainnya[1].

PT. GMF AeroAsia dalam mendukung kegiatan operasional harus berhadapan dengan tuntutan terhadap pertumbuhan teknologi informasi. Setiap lokasi memiliki kebutuhan *bandwidth* jaringan komputer yang berbeda-beda.

Berkembangnya jaringan intranet dan jaringan internet yang semakin membesar membutuhkan adanya suatu metode yang dapat menghitung kebutuhan *bandwidth* pada jaringan komputer yang digunakan untuk kegiatan operasional disetiap lokasi[1].

Tujuan dari menghitung kebutuhan *bandwidth* adalah melakukan perhitungan kebutuhan *bandwidth* pada jaringan komputer untuk mengidentifikasi kebutuhan *bandwidth* yang digunakan untuk kegiatan operasional dalam satu bulan, baik pada jaringan intranet maupun pada jaringan koneksi internet sehingga dapat menghitung berapa besar biaya yang akan dikeluarkan untuk biaya sewa *bandwidth*. Dalam menentukan biaya sewa *bandwidth* harus diikuti juga dengan kualitas jaringan yang baik. Apabila pemberian *bandwidth* lebih besar dari kebutuhan yang sebenarnya akan mengakibatkan

pemborosan *bandwidth*. Sedangkan apabila pemberian *bandwidth* lebih rendah dari kebutuhan sebenarnya, maka pengaksesan jaringan internet menjadi lambat yang akan berdampak pada kegiatan operasional perusahaan. Karena penggunaan internet secara bersama dapat mempengaruhi performansi jaringan seiring dengan jumlah pengguna jaringan. Performansi jaringan memegang peranan penting dalam pengaturan kebutuhan *bandwidth* untuk tiap layanan aplikasi internet yang beranekaragam. Ketersediaan *bandwidth* jaringan merupakan faktor penting dalam memilih layanan web.

Pada dasarnya besarnya kebutuhan *bandwidth* mempresentasikan kapasitas dari koneksi, semakin tinggi kebutuhan *bandwidth*, umumnya akan diikuti oleh kinerja yang lebih baik. Salah satu solusi yang paling efektif untuk mengatasinya adalah dengan mengelola pemakaian *bandwidth* yang menghasilkan suatu kualitas layanan lalu lintas aliran data yang baik dan berkualitas.

Dalam menghitung kebutuhan *bandwidth*, dengan variabel-variabel yang bernilai integer akan selalu menghasilkan solusi yang bernilai integer (bilangan pembulatan). Dengan menggunakan metode logika fuzzy yang bekerja berdasarkan aturan – aturan linguistik, maka akan didapat suatu solusi dengan nilai integer.

Dari latar belakang diatas maka penelitian ini membahas tentang model perhitungan kebutuhan *bandwidth* jaringan komputer menggunakan sistem pakar fuzzy dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah

- a. Untuk mengetahui apakah metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dapat digunakan dalam penentuan kebutuhan *bandwidth* jaringan komputer.
- b. Untuk mengetahui apakah penentuan kebutuhan *bandwidth* jaringan komputer dapat ditentukan dengan *Graphical User Interface* (GUI) yang dikembangkan dengan ANFIS.

2. Batasan Masalah

Batasan masalah hanya meliputi membangun model perhitungan kebutuhan *bandwidth* jaringan komputer menggunakan sistem pakar fuzzy dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). *Tool* yang digunakan adalah Matlab R2013a, Pengambilan data tahun 2014.

Data penelitian yang dilakukan memiliki ruang lingkup sebagai berikut :

- a. Penelitian dibatasi pada *bandwidth* jaringan komputer layanan internet dan intranet yang digunakan oleh PT. GMF AeroAsia se-Indonesia.
- b. Penelitian hanya melingkupi perhitungan *bandwidth* jaringan komputer dan tidak melibatkan jaringan fisik seperti topologi, perkabelan, dan lain-lain.

- c. *Bandwidth* yang diukur adalah *bandwidth* jaringan komputer yang digunakan oleh PT. GMF AeroAsia setiap lokasi pada tiap-tiap bulan.

II. LANDASAN TEORI DAN KERANGKA KONSEP

1. Tinjauan Pustaka

A. Jaringan Komputer

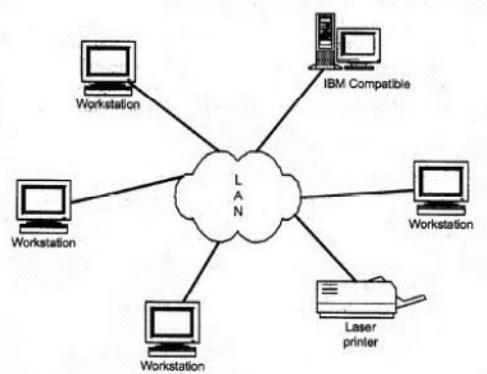
Jaringan komputer adalah merupakan sekelompok komputer otonom yang saling berhubungan antara satu dengan lainnya menggunakan protokol komunikasi melalui media komunikasi sehingga dapat saling berbagi informasi, program-program, dan penggunaan bersama perangkat keras seperti printer, harddisk, dan lain sebagainya[2].

Ada tiga macam jenis jaringan, yaitu :

1) *Local Area Network* (LAN)

Local area Network (LAN), merupakan jaringan milik pribadi di dalam sebuah gedung atau kampus yang berukuran sampai beberapa kilometer. LAN seringkali digunakan untuk menghubungkan komputer-komputer pribadi dan *workstation* dalam kantor perusahaan atau pabrik-pabrik untuk memakai bersama *resource* (misalnya, printer) dan saling bertukar informasi.

LAN mempunyai ukuran yang terbatas, yang berarti bahwa waktu transmisi pada keadaan terburuknya terbatas dan dapat diketahui sebelumnya. Dengan mengetahui keterbatasannya, menyebabkan adanya kemungkinan untuk menggunakan jenis desain tertentu. Hal ini juga memudahkan manajemen jaringan[3].

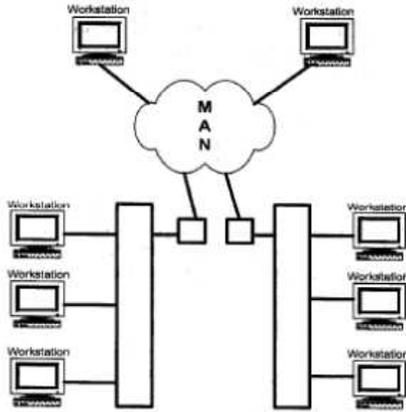


Gbr.1 Skema Jaringan LAN[4]

2) *Metropolitan Area Network* (MAN)

Metropolitan Area Network (MAN) pada dasarnya merupakan versi LAN yang berukuran lebih besar dan biasanya memakai teknologi yang sama dengan LAN. MAN dapat mencakup kantor-kantor perusahaan yang letaknya berdekatan atau juga sebuah kota dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan pribadi (swasta) atau umum. MAN mampu menunjang data dan suara, dan bahkan dapat berhubungan dengan jaringan televisi kabel. MAN hanya memiliki sebuah

atau dua buah kabel dan tidak mempunyai elemen *switching*, yang berfungsi untuk mengatur paket melalui beberapa kabel output. Adanya elemen *switching* membuat rancangan menjadi sederhana. Skema jaringan MAN dapat dilihat pada gambar-2[3].

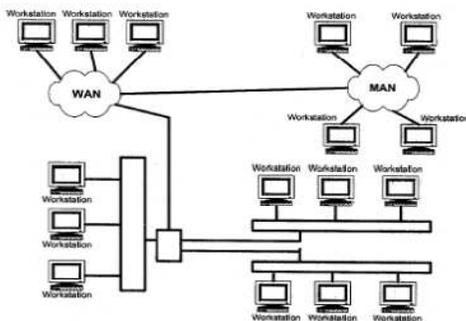


Gbr.2 Skema Jaringan MAN[4]

3) *Wide Area Network (WAN)*

Wide Area Network (WAN) merupakan jaringan yang lebih besar dari MAN dan mencakup daerah geografis yang luas, seringkali mencakup sebuah negara atau benua. WAN terdiri dari kumpulan mesin yang bertujuan untuk menjalankan program-program (aplikasi) pemakai.

Pada sebagian besar WAN, jaringan terdiri dari sejumlah banyak kabel atau saluran telepon yang menghubungkan sepasang router. Bila dua router yang tidak menggunakan kabel yang sama akan melakukan komunikasi, keduanya harus berkomunikasi secara tidak langsung melalui router lainnya. Ketika sebuah paket dikirimkan dari sebuah router ke router lainnya melalui sebuah router perantara atau lebih, maka paket akan diterima router perantara dalam keadaan lengkap, disimpan sampai saluran output menjadi bebas, dan kemudian baru diteruskan. Skema jaringan WAN dapat dilihat pada gambar-3[3].



Gbr.3 Skema Jaringan WAN[4]

B. Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A.Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy[5]

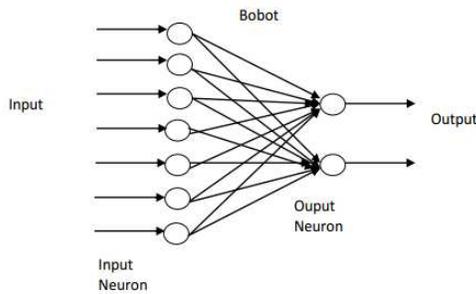
Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*.^[15] Ada beberapa alasan mengapa logika fuzzy digunakan adalah:

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendalai secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami[5]

C. Jaringan Syaraf Tiruan

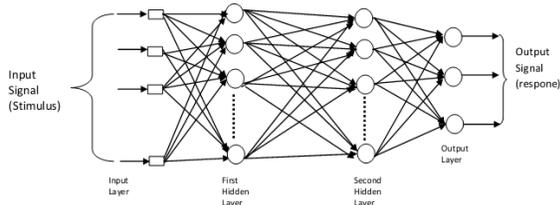
Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) adalah sistem pemroses informasi dengan karakteristik dan performa yang mendekati syaraf biologis. Jaringan syaraf tiruan adalah generalisasi dari permodelan syaraf biologi dengan asumsi asumsi antara lain[6]:

- a. Pemrosesan informasi terletak pada sejumlah komponen yang dinamakan neuron. Sinyal merambat antara satu neuron ke neuron-neuron yang lainnya melalui jalur penghubung. Tiap jalur penghubung memiliki bobot dan mengalihkan besar nilai sinyal yang masuk (jenis neuron tertentu).Tiap neuron menerapkan fungsi aktivasi (biasanya non linear) yang menjumlahkan semua masukan untuk menentukan sinyal keluarannya. Tiap jaringan ditentukan oleh arsitektur pola jaringan, bobot, pada koneksi dan fungsi aktivasi.
- b. Selain memproses, jaringan syaraf tiruan juga memiliki kemampuan menyimpan informasi. Jaringan syaraf adalah pemroses sederhana yang berjumlah banyak dan bekerja secara paralel dan terdistribusi, yang memiliki kemampuan menyimpan pengetahuan dan memberikan saat dibutuhkan terdiri dari pengetahuan yang dimiliki sebagai hasil proses pembelajaran dan koneksi antar neuron yang berfungsi menyimpan pengetahuan itu. Sedangkan jaringan syaraf tiruan bermaksud membuat sistem yang menyerupai syaraf tiruan biologis.



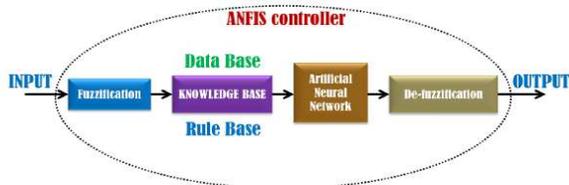
Gbr.4. Jaringan Syaraf Sederhana[6]

- c. Untuk memprediksi kerja, antara neuron masukan dan neuron keluaran terdapat beberapa lapis yang disebut lapis tersembunyi (*hidden layer*). Lapisan tersembunyi sekaligus pembeda JST dengan ANFIS. Neuron pada JST yang menghubungkan satu neuron dengan neuron-neuron pada lapis berikutnya berisi bobot yang besarnya berdasarkan hasil pembelajaran, berbeda dengan ANFIS yang bobotnya berupa rule logika fuzzy.



Gbr.5 Multilayer Perceptron Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Model fuzzy dapat digunakan sebagai pengganti dari perceptron dengan banyak lapisan. Sistem ini dibagi menjadi 2 grup, yaitu grup berupa jaringan syaraf dengan bobot-bobot fuzzy dan fungsi aktivasi fuzzy, dan grup lainnya berupa jaringan syaraf dengan input yang difuzzikan pada lapisan pertama atau kedua, namun bobot-bobot pada jaringan syaraf tersebut tidak difuzzikan. Neuro-Fuzzy termasuk kelompok yang kedua. Dalam pengontrol ANFIS, jaringan saraf yang mampu belajar adalah (*Single Input - Single Output - SISO*).



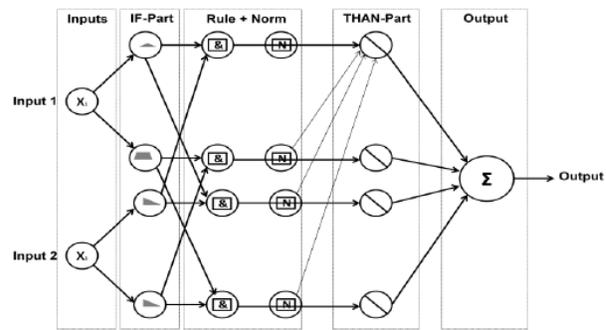
Gbr.6 Struktur ANFIS Controller[7]

ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* atau *Adaptive Network-based Fuzzy Inference System*) adalah arsitektur yang secara fungsional sama dengan fuzzy rule base model Sugeno. Arsitektur ANFIS juga sama dengan jaringan syaraf dengan fungsi radial dengan sedikit batasan tertentu.

ANFIS adalah suatu metoda yang sama dalam melakukan pengaturan menggunakan algoritma pembelajaran data. Pada ANFIS juga memungkinkan aturan-aturan untuk beradaptasi.

Agar jaringan dengan fungsi basis radial ekuivalen dengan fuzzy berbasis aturan model Sugeno orde 1 ini diperlukan batasan sebagai berikut :

- a. Aturan-aturan harus memiliki metoda agregasi yang sama (rata-rata terbobot atau penjumlahan terbobot) untuk menghasilkan semua outputnya.
- b. Jumlah fungsi aktivasi harus sama dengan jumlah aturan fuzzy (*IF-THEN*).
- c. Jika ada beberapa input pada basis aturannya, maka tiap-tiap fungsi aktivasi harus sama dengan fungsi keanggotaan tiap-tiap inputnya.
- d. Fungsi aktivasi dan aturan-aturan fuzzy harus memiliki fungsi yang sama untuk neuron-neuron dan aturan-aturan yang ada di sisi outputnya.



Gbr.7 Arsitektur Jaringan ANFIS[7]

D. Matlab R2013a

”Matlab adalah bahasa tingkat tinggi dimana arti perintah dan fungsinya bisa dimengerti dengan mudah meskipun bagi seorang pemula karena masalah dan solusi bisa diekspresikan dalam notasi matematis yang biasa dipakai. Matlab memungkinkan kita untuk memecahkan masalah teknis yang terkait dengan komputasi, khususnya yang berhubungan dengan matrik dan formula vektor, yang mana masalah tersebut merupakan akan jadi masalah apabila kita harus menyelesaikan masalah tersebut dengan menggunakan bahasa level rendah seperti pascal, C# dan Basic”[8].

2. Tinjauan Studi

Terdapat beberapa peneliti terdahulu yang terkait perhitungan dengan sistem pakar fuzzy, diantaranya :

A. Penelitian Pertama

1) Judul dan Tahun Penelitian :

Perancangan Managemen *Bandwidth* Internet menggunakan Metode Fuzzy Sugeno[9]

2) Tujuan Penelitian :

Tujuan yang dicapai adalah untuk mengoptimal pemakaian akses internet.

3) Metodologi :

Dalam perancangan manajemen *bandwidth* ini dikembangkan dengan menggunakan metode fuzzy sugeno. Input sistem berupa akses internet saat itu (*real time*). Dalam proses fuzzy input dibagi menjadi 3 variabel yaitu kecepatan *browsing*, kecepatan *download*, dan kecepatan *streaming*.

Pada metode fuzzy sugeno terdapat 4 himpunan meliputi himpunan Sangat rendah, Rendah, Normal, dan Tinggi, fungsi keanggo-taan berupa kurva bahu kanan, bahu kiri dan segitiga, ada 64 aturan fuzzy, dan defuzzyfikasi menghasilkan nilai *maksimum limit browsing*, *download* dan *streaming*.

4) Hasil Penelitian :

Hasil penelitian berupa pembatasan trafik *browsing*, *download*, dan *streaming*. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata *max limit browsing* adalah 851 kbps, *download* 592 kbps, dan *streaming* 643 kbps.

5) Adopsi :

Menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya

B. Penelitian Kedua**a. Judul dan Tahun Penelitian :**

Sistem Pakar Fuzzy untuk Optimasi Penggunaan *Bandwidth* Jaringan Komputer[5]

b. Tujuan Penelitian :

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem optimasi penggunaan *bandwidth* jaringan komputer.

c. Metodologi:

Menggunakan sistem pakar fuzzy dengan metode Sugeno untuk mengidentifikasi penggunaan *bandwidth* jaringan komputer dan perhitungan penentuan error rata-rata menggunakan rumus perhitungan MAPE (*Means Absolute Percentage Error*).

d. Hasil Penelitian :

1. Dengan sistem pakar fuzzy diperoleh informasi untuk optimasi penggunaan *bandwidth* pada setiap hari dan waktu yang sama.
2. Sistem pakar fuzzy dengan metode Sugeno dapat digunakan untuk optimasi penggunaan *bandwidth* dengan cara membuat rule base untuk sistem fuzzy yang outputnya informasi pemakaian bandwidth pada setiap gedung kuliah.

e. Adopsi :

Menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya.

C. Penelitian Ketiga**a. Judul Penelitian :**

Aplikasi Sistem Inferensi Fuzzy Metode Sugeno Dalam Memperkirakan Produksi Air Mineral Dalam

Kemasan^[14]

b. Tujuan Penelitian :

Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan berapa jumlah produksi.

c. Metode Penelitian :

Dengan mengaplikasikan sistem inferensi fuzzy metode Sugeno orde satu berdasarkan variabel jumlah permintaan, jumlah persediaan, kemampuan mesin produksi dan biaya produksi yang tersedia. Metode estimasi menggunakan regresi kuadratik. Sedangkan untuk mengetahui tingkat akurasi hasil estimasi digunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

d. Hasil Penelitian :

1. Sistem Inferensi fuzzy dengan metode Sugeno orde satu yang telah dibangun dapat memperkirakan jumlah produksi harian air minum dalam kemasan.
2. Perkiraan jumlah permintaan pada periode berikutnya sebagai acuan penentuan perkiraan jumlah produksi dapat dilakukan dengan metode regresi kuadratik.

e. Adopsi :

Menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya

D. Penelitian Keempat**a. Judul Penelitian :**

Optimalisasi manajemen *bandwidth* pada jaringan intranet Universitas Mulawarman[8]

b. Tujuan Penelitian :

Untuk mengidentifikasi performa dan jumlah traffic yang terjadi setiap harinya, baik pada jaringan LAN maupun pada jaringan koneksi internet.

c. Metode Penelitian :

Metode penelitian yang digunakan adalah pengamatan terhadap backbone jaringan komputer Universitas Mulawarman. Dari hasil pengamatan didapat bahwa dari dua jaringan yang ada, yaitu jaringan akses internet dan jaringan intranet, jaringan intranet tidak dimanfaatkan secara optimal sebagai jalur akses ke server Universitas Mulawarman yang seharusnya bisa diakses secara lokal.

d. Hasil Penelitian :

1. Setelah dilakukan penelitian ini menghasilkan optimalisasi server lokal dengan akses koneksi yang lebih cepat.
2. Optimalisasi *Bandwidth* pada jaringan komputer Universitas Mulawarman menghasilkan manajemen *bandwidth* dan monitoring yang terpusat.
3. Dengan di klasifikasikannya server local menjadi DMZ membuat server umum yang

awalnya diakses melalui jalur internet dapat diakses secara lokal tanpa harus terkoneksi internet.

4. PC router mikrotik memudahkan dalam manajemen IP dan *bandwidth* selain itu dapat dijadikan sebagai firewall. membuat server umum yang awalnya diakses melalui jalur internet dapat diakses secara lokal tanpa harus terkoneksi internet.
5. PC router mikrotik memudahkan dalam manajemen IP dan *bandwidth* selain itu dapat dijadikan sebagai firewall.

e. Adopsi :

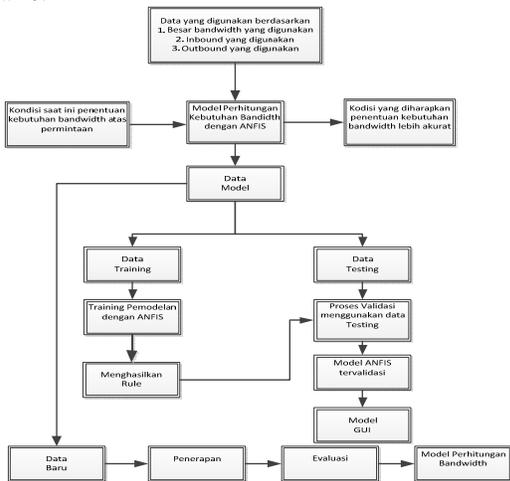
Menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya.

3. Kerangka Konsep

Untuk melakukan perhitungan *bandwidth* jaringan komputer menggunakan sistem pakar fuzzy dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*, kerangka konsep yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

Penggunaan internet sebagai sarana untuk bertransaksi informasi secara *online*. Internet merupakan layanan yang dapat memberikan kemudahan dalam bertransaksi informasi yang mengatasi keterbatasan jarak dan waktu. Namun semakin meningkatnya kebutuhan akan internet diperlukan ketersediaan *bandwidth* yang tinggi pula. Mahalnya biaya sewa internet masih menjadi kendala dalam penyediaan layanan internet.

Oleh karena itu diperlukan efisiensi *bandwidth* internet yang sesuai dengan kebutuhan dari perusahaan, penulis menawarkan solusi berupa model perhitungan *bandwidth* internet pada perusahaan menggunakan sistem pakar fuzzy dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Proses pada kerangka pemikiran ini seperti pada gambar-8.



Gb.8. Kerangka Pemikiran Penentuan Kebutuhan *Bandwidth*

1. Kondisi saat ini penentuan kebutuhan *bandwidth* berdasarkan permintaan dari lokasi cabang sehingga tidak akurat.
2. Tahap Pemisahan Data
Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil observasi yang telah dipersiapkan, dibagi tiga kelompok data yang saling bebas satu sama lain. Kelompok pertama adalah Training Data, yang akan digunakan untuk proses pembelajaran ANFIS. Sedangkan kelompok kedua adalah Testing Data, yang akan digunakan untuk melakukan validasi model yang telah dihasilkan. Dan terakhir Data Baru, yang akan digunakan untuk penerapan model final.
3. Tahap Pembelajaran (Training) dengan ANFIS
Data pembelajaran yang telah dipersiapkan kemudian dimasukkan sebagai input ke dalam sistem ANFIS. Kemudian dengan memilih beberapa parameter input dan output yang sesuai, maka akan menghasilkan rule.
4. Tahap 3 di atas menghasilkan model ANFIS dengan RMSE terendah, yang siap divalidasi dengan Testing-Data.
5. Tahap ini merupakan hasil dari tahap 4 di atas, yaitu berupa ANFIS yang telah tervalidasi.
6. Berdasarkan tahap 5 dibuatkanlah model GUI dengan menggunakan matlab R2013a untuk menghasilkan data yang akurat.
7. Berdasarkan data baru dan model GUI yang telah dihasilkan pada tahap ini adalah tahap uji coba dan maintenance perangkat lunak prototipe sistem aplikasi yang dihasilkan sehingga menghasilkan penentuan kebutuhan *bandwidth* yang akurat.

4. Hipotesis

Hipotesis dari tulisan ini adalah dugaan memperoleh model perhitungan *bandwidth* yang tepat dan akurat untuk perhitungan *bandwidth* jaringan komputer menggunakan sistem pakar fuzzy dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* bagi PT. GMF AeroAsia dapat menjadi evaluasi bagi perusahaan dalam menentukan berapa sewa *bandwidth* yang dibutuhkan perusahaan.

III. DESAIN PENELITIAN

1. Metode Penelitian

Dalam pembuatan model perhitungan kebutuhan *bandwidth* jaringan komputer menggunakan sistem pakar fuzzy dengan metode *adaptive neuro fuzzy interference system (ANFIS)* penulis memilih metode penelitian deskriptif kuantitatif.

Metode penelitian kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena-fenomena objektif serta hubungan-hubungan kuantitatif. Maksimalisasi objektivitas desain penelitian dilakukan dengan menggunakan angka-angka, pengolahan statistik, strujtur dan percobaan terkontrol.

Penelitian ini bersifat deskriptif, bisa mendeskripsikan suatu keadaan saja, tapi bisa juga mendeskripsikan keadaan dalam tahapan-tahapan perkembangannya. Data yang digunakan merupakan data histori penggunaan *bandwidth* pada jaringan komputer PT. GMF Aero Asia.

Data yang diperoleh kemudian dimasukkan sebagai *input* dari *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS), Sedangkan *output* nya adalah kebutuhan *bandwidth* naik atau tidak naik.

2. Pembelajaran Model dan Inferensi Model

- Data yang diperoleh adalah sekumpulan pasangan input-output, berdasarkan data tersebut maka sistem ANFIS yang dibangun akan menghasilkan suatu model yang karakteristiknya mendekati sifat-sifat sistem.
- Model yang akan dibangun akan memiliki beberapa membership-function (MF).
- Berdasarkan pasangan data input-output yang dimasukkan kedalam sistem ANFIS, maka akan dihasilkan sebuah FIS (Fuzzy Inference System).
- ANFIS akan melakukan proses pembelajaran terhadap data yang ada, guna memperoleh model yang paling mendekati, berdasarkan data yang dimasukkan ke dalam sistem ANFIS.
- Proses penyesuaian MF (membership function) dilakukan dengan menggunakan algoritma backpropagation.

3. Validasi Model

Setelah ANFIS menghasilkan sebuah model, maka model tersebut harus diuji validasinya terhadap kriteria model yang dikehendaki. Tujuan dari proses ini adalah untuk melihat seberapa jauh keberhasilan ANFIS melakukan pemodelan sistem. ANFIS melakukan validasi model ini dengan cara membandingkan *output* dari data yang telah dilakukan proses pembelajaran, dengan kumpulan data lain yang tidak dilakukan proses pembelajaran, selain itu ketiga kumpulan data tersebut *saling bebas satu sama lain*, sehingga perbandingan tadi akan menghasilkan "*error*" yang dapat dijadikan ukuran tingkat keberhasilan model ini. Semakin kecil tingkat *error*, maka semakin baik model tersebut.

4. Metode Pemilihan Sampel

Dalam pengambilan sampel data penggunaan *bandwidth* internet teknik yang digunakan adalah teknik nonprobability sampling yaitu teknik pengambilan sampel yang tidak memberi peluang atau kesempatan sama bagi setiap unsur atau anggota populasi untuk dipilih menjadi sampel.

Jenis teknik sampling nonprobability yang dipilih adalah sampling sistematis adalah teknik pengambilan sampel berdasarkan urutan dari anggota populasi yang telah diberi nomor urut. Berikut adalah variabel-variabel yang akan digunakan, dan dianalisa data dari history penggunaan *bandwidth* pada PT.GMF Aero Asia

5. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode observasi. Observasi atau pengamatan langsung ke lokasi perusahaan yang ada sesuai dengan sampel yang dipilih. Hal-hal yang dilakukan dalam observasi yaitu mengetahui berapa pengguna pada perusahaan yang menggunakan internet dan kapasitas yang dibutuhkan oleh setiap pengguna internet.

Bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data histori penggunaan *bandwidth* pada jaringan komputer yang berkaitan dengan kecepatan *bandwidth* dan kapasitas *bandwidth* yang ada di PT.GMF Aero Asia.

6. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan pada proses penelitian ini antara lain sebagai berikut :

- Perangkat keras (*hardware*) adalah peralatan komputer yang secara fisik dapat dilihat. Dalam sistem komputer perangkat keras dapat dibagi dalam empat bagian, yaitu unit masukan, unit keluaran, unit pengolahan, dan unit penyimpanan. Perangkat yang digunakan adalah : Laptop HP Pavilion g series, Memori 4 GB, HDD 320 GB.
- Perangkat lunak (*software*) adalah serangkaian perintah dengan aturan tertentu yang mengatur operasi perangkat keras. Perangkat lunak terdiri atas tiga bagian, yaitu sistem operasi, bahasa pemrograman, dan program aplikasi yang merupakan faktor penunjang dari sistem komputer. Perangkat lunak yang digunakan adalah : Windows 7, Matlab R2013a Toolbox ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*).

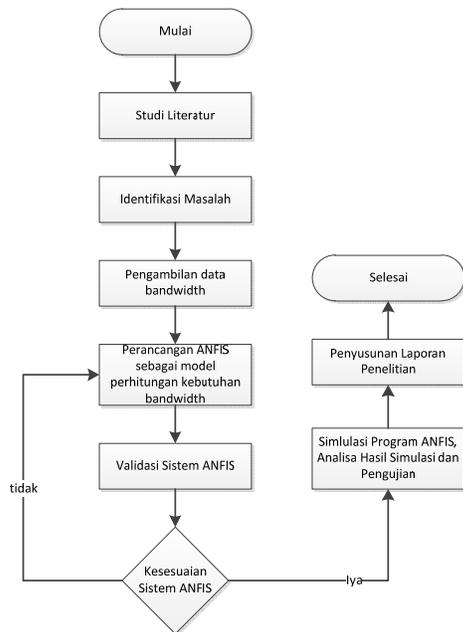
7. Metode Analisis

Sistem perangkat lunak yang akan dibangun merupakan model berdasarkan simulasi ANFIS yang menghasilkan model FIS. Perangkat lunak akan dibangun dengan menggunakan Matlab Language, yaitu bahasa pemrograman Matlab yang merupakan bahasa pemrograman high-level. Dengan menggunakan Matlab Language, maka terdapat kemudahan dalam mengimplementasikan model FIS ke dalam perangkat lunak.

Untuk mendapatkan data dan informasi dalam menentukan kebutuhan *bandwidth* tahun 2014, maka digunakanlah metode analisis deskriptif. Analisis deskriptif ini adalah cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi.

8. Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian untuk perancangan sistem *Neuro Fuzzy* dapat dilihat dalam bentuk diagram alir pada gambar 9 berikut ini:



Gbr.9. Langkah-langkah Penelitian

9. Studi Pustaka dan Tinjauan Penelitian

Tahapan ini dilakukan dengan mempelajari literatur yang berkaitan dengan sistem aplikasi Toolbox Matlab R2013a dan pengujian sistem. Dalam tahapan ini juga dilakukan studi dan analisa dari beberapa penelitian sebelumnya mengenai sistem yang menggunakan pendekatan logika fuzzy. Kemudian dilakukan perancangan model ANFIS menggunakan software Matlab, dimana pada tahap ini software digunakan sebagai alat bantu untuk melakukan training model sehingga didapat model perhitungan kebutuhan *bandwidth* yang sesuai.

10. Identifikasi Permasalahan

Tahapan ini merupakan inisialisasi dari penelitian, yaitu mencari permasalahan yang dihadapi oleh PT.GMF Aero Asia dalam perhitungan kebutuhan *bandwidth*. Hal ini dilakukan peneliti agar dapat memahami kondisi lapangan, sehingga mendapatkan gambaran menyeluruh tentang sistem yang sedang berjalan.

11. Pengambilan Data

Proses ini dilakukan dengan cara melakukan observasi pada traffic penggunaan *bandwidth* yang ada pada server di PT. GMF Aero Asia untuk mempelajari kriteria-kriteria yang dibutuhkan untuk perhitungan kebutuhan *bandwidth*. Data yang digunakan merupakan data history *bandwidth* tahun 2014 yang terdiri dari tiga variabel. Variabel tersebut adalah besar *bandwidth* yang digunakan, inbound yang digunakan, dan outbound yang digunakan. Data yang diperoleh kemudian dtraining agar didapatkan parameter premis awal pada model ANFIS.

12. Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil analisis, kemudian dilanjutkan dengan melakukan perancangan sistem untuk menggambarkan bagaimana sistem dapat memenuhi kebutuhan yang sudah ditetapkan, dengan melakukan prosedur-prosedur berikut:

- a. Pembuatan pemodelan program neuro fuzzy dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*
- b. Perancangan antarmuka (*input, output, dan navigasi*)
- c. Perancangan arsitektur.
- d. Perancangan konseptual basis data.

Setelah program selesai maka kemudian akan dilakukan pengujian, jika sudah didapatkan hasil yang baik (error dan epoch sudah optimal) maka akan dilanjutkan tahap kesimpulan.

13. Validasi Model ANFIS

Setelah model ANFIS didapatkan, maka dilakukan validasi terhadap model tersebut. Validasi dilakukan dengan menginputkan data validasi ke dalam jaringan. Validasi model ini dilakukan menggunakan software Matlab.

14. Pengujian sistem dan evaluasi

Pengujian sistem dilakukan untuk memvalidasi terhadap kualitas sistem pengujian terhadap hasil analisis dan perancangan. Pengujian ini dilaksanakan dengan menggunakan *white-box testing* dan *black-box testing*.

15. Kesesuaian sistem ANFIS

Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi kelayakan sistem baik secara teknis dan organisasi. Secara teknis menyangkut ketersediaan sumber daya berupa tenaga dan perangkat pendukung. Secara organisasi menyangkut ketersediaan organisasi pelaksana sistem dan aturan-aturan pendukung.

16. Analisis Sistem

Berdasarkan hasil pengumpulan data, akan dilakukan analisa kebutuhan pengguna dan kebutuhan fungsional.

IV. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

1. Pengelompokan dan Analisis Data

Data penelitian dibagi dalam tiga kelompok, yaitu:

- a. 14 data pertama digunakan sebagai *Training-Data* (Data Pembelajaran)
- b. 14 data kedua digunakan sebagai *Testing-Data* (Data Penguji Validitas)
- c. 6 data ketiga digunakan sebagai *New-Data* (Data Penerapan Model/Demo)

2. Simulasi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

Tahapan Proses Simulasi :

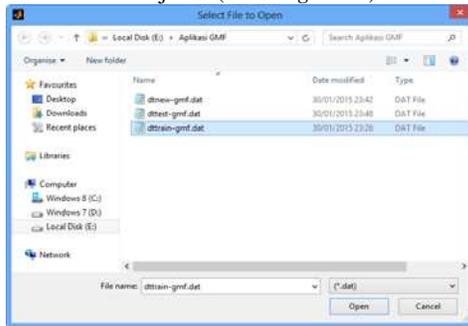
- a. Tahap *Load Data* (Tahap Memasukkan Data)
- b. Tahap *Generate FIS* (Tahap Membangkitkan FIS)
- c. Tahap *Train FIS* (Tahap Pembelajaran FIS)
- d. Tahap *Test FIS* (Tahap Validasi FIS)

3. Tahap Load Data

Tahap ini merupakan tahap untuk me-load data baik data *training* maupun data *testing*. Adapun untuk memasukkan kedua jenis data tersebut dapat dilakukan dengan cara

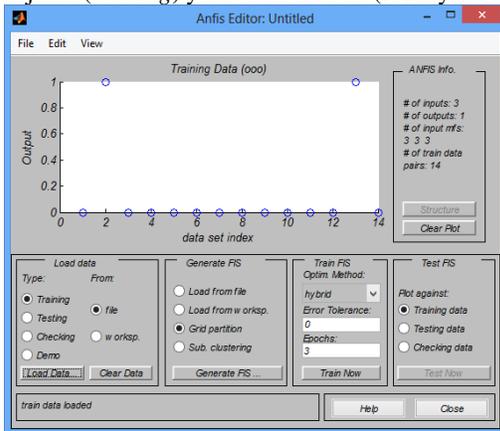
melakukan load data dari dalam file yang tersimpan didalam komputer.

a. Input Data Pembelajaran (*Training-Data*)



Gbr.10. Input Data Pembelajaran

Gambar-10 terdapat kolom load data dari dalam File yang tersimpan di dalam komputer, pilih option *training* lalu pilih data pembelajaran (*training*) yaitu train data lalu pilih file data pembelajaran (*training*) yaitu train data.dat(sebanyak 14 data).

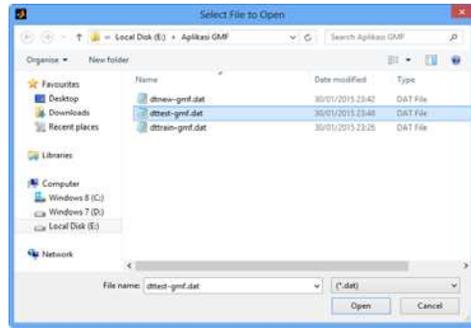


Gbr.11. Data Pembelajaran Dalam Memori

Pada gambar diatas diperlihatkan bentuk dan pelatihan yang telah *diload* kedalam ANFIS Editor GUI. Setelah data pembelajaran (*training*) yang telah diunggah dan disimbolkan dalam bentuk lingkaran kecil berlubang.

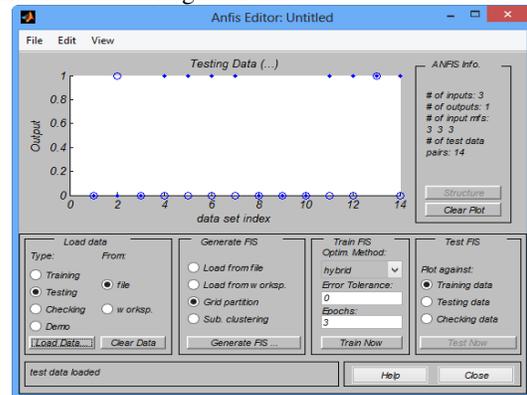
b. Input Data Pengujian (*Testing dan Validasi*)

Setelah mengunggah data pembelajaran (*training*), selanjutnya mengunggah data pengujian (*testing*). Pada gambar 8 terdapat kolom load data dari dalam file yang tersimpan di dalam komputer, pilih option *testing* lalu pilih file data pembelajaran (*testing*) yaitu testing data.dat (sebanyak 12 data).



Gbr.12. Input Data Pengujian

Gambar-12 menunjukkan proses memasukkan data untuk keperluan proses pembelajaran dengan nama file *testing data.dat*, sedangkan gambar 13 menunjukkan *Testing Data* (Data Pengujian) yang telah berada dalam memori, disimbolkan dalam lingkaran kecil.



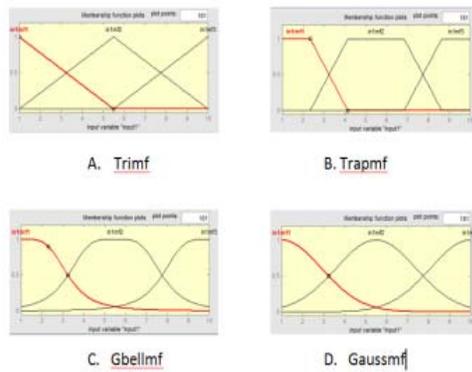
Gbr.13. Data Pengujian Dalam Memori

4. Tahap Generate FIS (*Fuzzy Inference System*)

Sebelum dapat melakukan proses pembelajaran, maka harus dibangkitkan terlebih dulu struktur dari model FIS. Untuk keperluan ini digunakan Grid-Partition untuk membangkitkan *Single Output Sugeno FIS*.

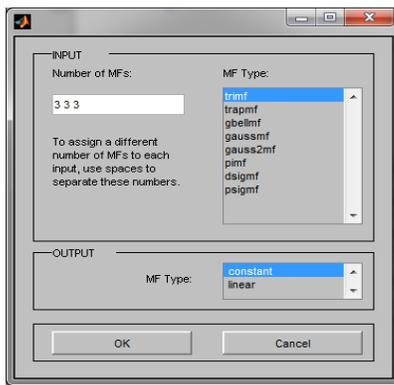
a. Parameter Input:

Meliputi banyaknya *INPUT – MF (Membership Function)* dalam kasus ini banyaknya INPUT MF dinyatakan dengan [3 3 3], sedangkan tipe MF digunakan dalam kasus ini ada 4 yaitu segi tiga (*trimf*), trapesium (*trapmf*), lonceng (*gbellmf*) dan Gaussian (*gaussmf*). Dimana dari masing- masing fungsi keanggotan tersebut akan dibandingkan tingkat keakurasiannya seperti terlihat pada gambar 14



Gbr.14. Tipe Fungsi Keanggotaan

Setelah memilih tombol Generate FIS maka akan muncul dialog box seperti gambar-15. Tentukan jumlah tipe keanggotaan. Jumlah fungsi keanggotaan yang akan digunakan adalah (3 3 3). Tipe keanggotaan yang akan diujicoba dalam penelitian ini adalah tipe keanggotaan segitiga (*trimf*), trapesium (*trapmf*), lonceng (*gbellmf*) dan Gaussian (*gaussmf*). Dari keempat tipe keanggotaan tersebut akan diukur perbandingan tingkat keakurasian hasil pengujian. Parameter *output* yang digunakan ada 2 tipe yaitu Tipe *Constant* dan *Linear*, dalam kasus ini akan digunakan Parameter *Output* jenis *Constant*, yang merupakan parameter *default* untuk ANFIS. Dan model akan dibangun menjadi 2 Algoritma, yaitu : *Hybrid* dan *Backpropagation*. Dan fungsi MF *output* yang digunakan adalah tipe – *constant*.



Gbr.15. Generate FIS Membership Function (MF) constant

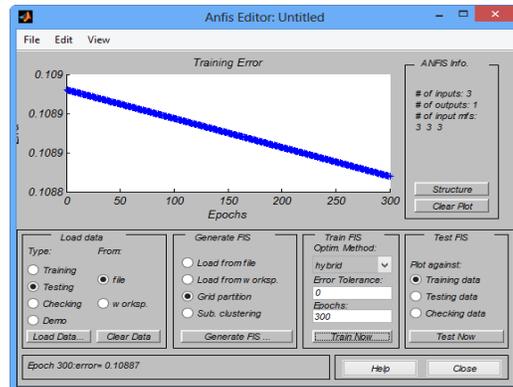
Pada gambar-15 menunjukkan generate FIS membership Function (MF) dengan *MF Type constant*.

5. Tahap Training FIS (Tahap Pembelajaran FIS)

Tahap ini dilakukan untuk melihat tingkat *error* pada ANFIS

a. Tahap Training FIS Hybrid Trimf

Berdasarkan FIS yang akan dibangun maka dilakukan proses *Training* dengan *epoch* = 300. Simulasi Algoritma *Hybrid* dengan fungsi “*trimf*”, dengan jumlah MF [3 3 3], fungsi MF *output* adalah tipe “*constant*”

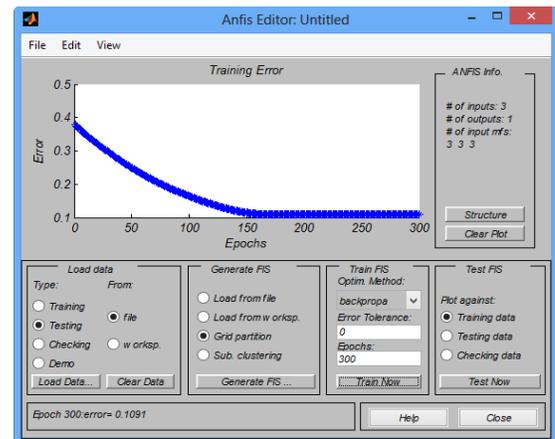


Gbr.16. Training Trimf Dengan Algoritma Hybrid

Pada gambar 16 menunjukkan terjadinya proses pembelajaran untuk simulasi metode *hybrid* dengan fungsi keanggotaan “*trimf*”. Nilai kwadrat rata-rata RMSE = 0.10887.

b. Tahap Training FIS Backpropagation Trimf

Berdasarkan FIS yang akan dibangun maka dilakukan proses *Training* dengan *epoch* = 300. Simulasi Algoritma *Backpropagation* dengan fungsi “*trimf*”, dengan jumlah MF [3 3 3], fungsi MF *output* adalah tipe “*constant*”

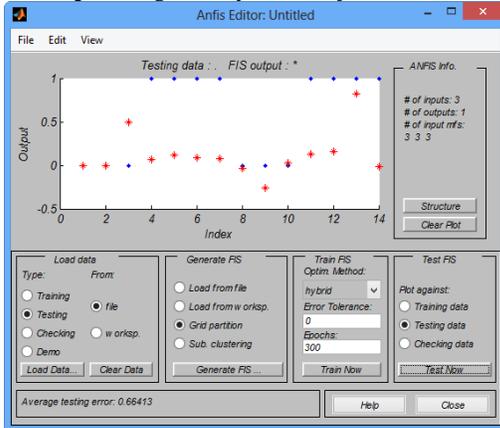


Gbr.17. Training Trimf Dengan Algoritma Backpropagation

Pada gambar diatas menunjukkan terjadinya proses pembelajaran untuk simulasi metode *backpropagation* dengan fungsi keanggotaan “*trimf*”. Nilai kwadrat rata-rata RMSE = 0.1091.

6. Tahap Testing FIS (Tahap Validasi FIS)
Langkah selanjutnya memvalidasi data FIS.

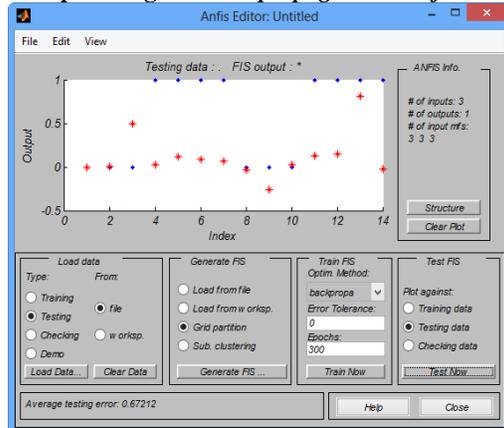
a. Tahap Testing FIS Hybrid trimf



Gbr.18. Testing Trimf Dengan Algoritma Hybrid

Pada gambar 18. Menunjukkan terjadinya proses pembelajaran untuk simulasi metode hybrid dengan fungsi keanggotaan "trimf". Dan setelah diuji validasi testing data dengan epoch 300 dihasilkan kesalahan kwadrat rata-rata RMSE = 0.66413.

b. Tahap Testing FIS Backpropagation trimf



Gbr.19. Testing Tripmf Dengan Algoritma Backpropagation

Pada gambar diatas menunjukkan terjadinya proses pembelajaran untuk simulasi metode dengan fungsi keanggotaan "trimf". Dan setelah diuji validasi testing data dengan epoch 300 dihasilkan kesalahan kwadrat rata-rata RMSE = 0.67212.

7. Hasil Pengujian Simulasi ANFIS

Berdasarkan simulasi ANFIS yang dilakukan, maka didapatkan hasil simulasi berdasarkan metode yang digunakan, yaitu metode Hybrid dan Backpropagation, dan juga berdasarkan kategori variabel dari tipe MF (Membership Function).

Tabel-1. Perbandingan RMSE Data Training dengan Data

Testing

RMSE (Root Mean Square Error)				
Membership Function	Data Training		Data Testing	
	Hybrid	Backpropagation	Hybrid	Backpropagation
Trimf	0.10887	0.1091	0.66413	0.67212
Trapmf	6.0182e-06	0.012537	0.7199	0.72133
Gbellmf	0.0013143	0.037292	0.74227	0.72916
Gaussmf	0.059806	0.061574	0.73003	0.71642

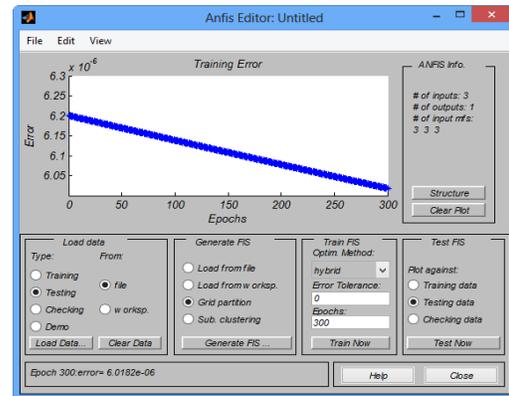
Pada tabel diatas menunjukkan perbandingan RMSE untuk kedua metode yaitu Hybrid dan Backpropagation pada proses pembelajaran (training) dan proses validasi (testing). RMSE terendah pada proses pembelajaran yaitu 6.0182e-06 dengan fungsi keanggotaan trapmf dengan fungsi keanggotaan trimf, trapmf, gbellmf dan gaussmf dan metode hybrid dan backpropagation.

8. Interpretasi

A. Model Proses Pembelajaran (Training)

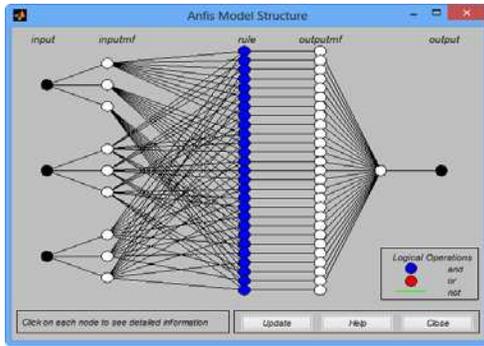
Berdasarkan perbandingan RMSE (Root Mean Square Error) proses pembelajaran (training) pada table-1. metode yang paling optimal untuk kasus ini adalah :

- a. Algoritma Pembelajaran : Metode Hybrid
- b. Tipe Membership Function (MF) : trapmf
- c. Epoch : 300
- d. Error tolerance : 0
- e. Parameter Input : (3 3 3)
- f. Terdiri dari 27 rule



Gbr.20. Model Pembelajaran (Training) RMSE Terendah

Pada gambar 20 menunjukkan bahwa model pembelajaran (training) terdapat pada metode Hybrid dengan tipe membership fuction trapmf. dengan menghasilkan error =6.0182e-06.

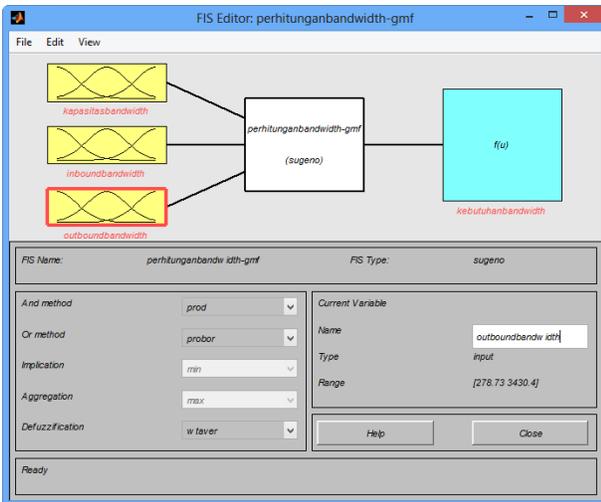


Gbr.21. Model Structure Pembelajaran (Training)

Pada gambar diatas menunjukkan neuron ANFIS yang terdiri dari 3 masukan dan satu keluaran dan 27 rules. Data yang telah diproses tersebut disimpan dalam bentuk fis dengan nama file perhitunganbandwidth-gmf.fis. Untuk menyimpan hasil olahan data tersebut pilih File-Export-ToFile agar lebih permanen. Untuk menampilkan FIS data ketikkan:>> fuzzy nama_file.fis pada command yang ada di matlab.

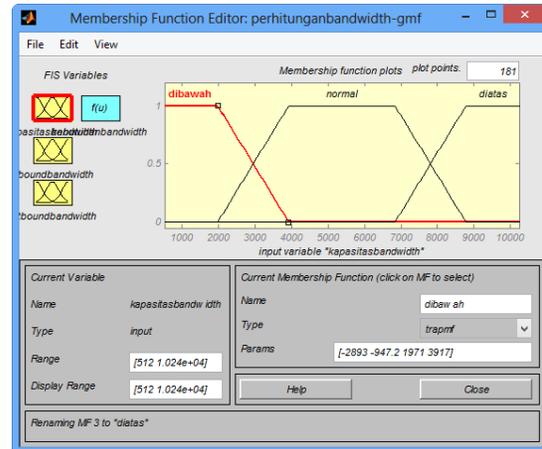
Contoh: fuzzy perhitunganbandwidth-gmf.fis

Kemudian akan muncul jendela FIS editor seperti gambar-19. Jendela FIS Editor digunakan untuk memperjelas FIS hasil training ANFIS. Kotak berwarna kuning menunjukkan parameter masukan, kotak putih menunjukkan rule ANFIS, dan kotak hijau menunjukkan keluaran.



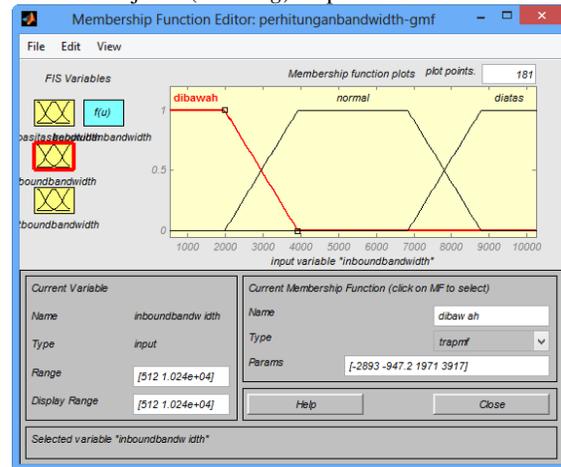
Gbr.22. FIS Editor Pembelajaran (Training)

Pada gambar-22 merupakan bentuk FIS editor pembelajaran (training). Double klik pada masing-masing parameter untuk menampilkan editor fungsi keanggotaan. Selanjutnya akan muncul membership function plots seperti gambar-23.



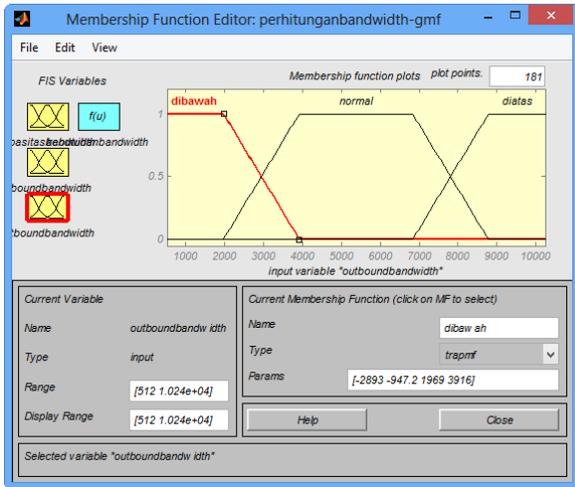
Gbr.23. Membership Function Editor Pembelajaran (Training) Kapasitas Bandwidth

Pada gambar-23 merupakan bentuk Membership Function Editor Pembelajaran (Training) Kapasitas Bandwidth.



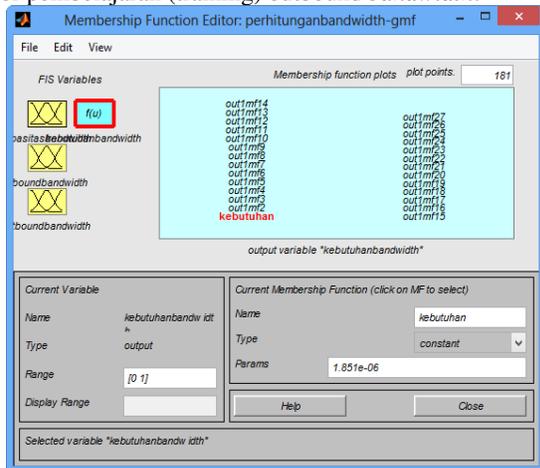
Gbr.24. Membership Function Editor Pembelajaran (Training) Inbound Bandwidth

Pada gambar-24. merupakan bentuk membership function editor pembelajaran (training) inbound bandwidth.



Gbr.25. Membership Function Editor Pembelajaran (Training) outbound bandwidth

Pada gambar-25 merupakan bentuk membership function editor pembelajaran (training) outbound bandwidth.



Gbr.26. Membership Function Editor Pembelajaran (Training) Kebutuhan Bandwidth

Pada gambar-26 merupakan membership function editor pembelajaran (Training) Kebutuhan Bandwidth.

9. GUI (Graphical User Interface)

Tampilan dari Model Perhitungan Kebutuhan Bandwidth PT.GMF Aero Asia Berbasis Adaptive Neuro Fuzzy Inference ini menggunakan software Matlab R2013a, dengan output kebutuhan bandwidth naik dan kebutuhan bandwidth tidak naik. Rule yang dipakai adalah dari rule ANFIS dengan fungsi logika AND. Tampilan dari Model Perhitungan Kebutuhan Bandwidth PT.GMF Aero Asia Berbasis Adaptive Neuro Fuzzy Inference terlihat pada gambar berikut.



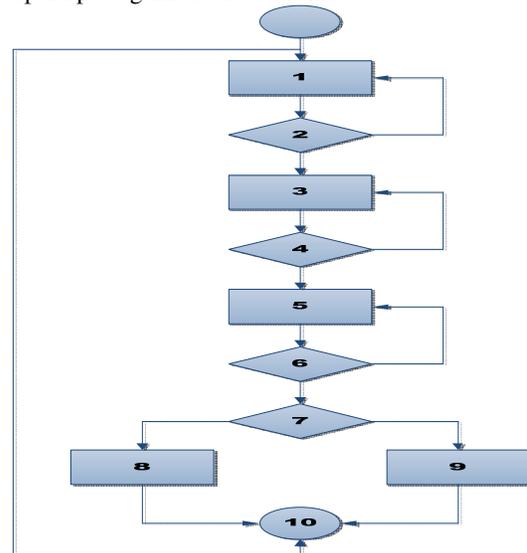
Gbr.27 Tampilan GUI Model Perhitungan Kebutuhan Bandwidth

10. Pengujian Sistem

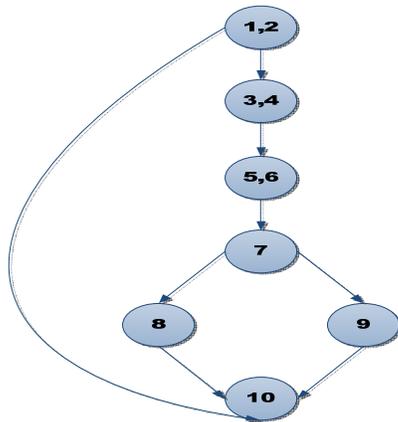
Pengujian sistem yang dilakukan terdiri dari dua cara :

a. White-Box Testing

Pengujian white-box dilakukan dengan pengujian basis path, metode ini merupakan teknik pengujian struktur kontrol untuk menjamin semua statemen dalam setiap jalur independen program dieksekusi minimal 1 kali. Perhitungan jalur independen dapat dilakukan melalui metrik Cyclomatic Complexity. Sebelum menghitung nilai Cyclomatic Complexity, harus diterjemahkan desain prosuderal ke grafik alir, kemudian dibuat flow graphnya, seperti pada gambar di bawah ini.



Gbr.28 Flowchart / bagan alir Model Perhitungan Bandwidth



Gbr.29 Flow Graph Model Perhitungan *Bandwidth*

Dari gambar di atas dapat dihitung *cyclomatic complexity*:

1. Flow graph mempunyai 2 region
2. $V(G) = 8 \text{ edge} - 7 \text{ node} + 2 = 3$
3. $V(G) = 2 \text{ predicate node} + 1 = 3$

Jadi *cyclomatic complexity* untuk flow graph adalah 3, dapat diartikan untuk hasil 1-10 bahwa struktur dan penulisan code baik, biaya, dan kesulitan yang rendah.

b. *Black-Box Testing*

Pengujian *black-box* dilakukan terhadap model yang telah dibuat, proses ini dilakukan untuk memastikan model yang telah dibuat sesuai dengan cara beroperasinya, memastikan kesesuaian output dengan input yang diberikan. Pada pengujian dengan metode Black Box ini, yang dilakukan adalah:

- 1) Tidak memperhatikan proses logical yang ada pada model yang dibuat.
- 2) Memastikan fungsional perangkat berjalan.

Tabel-2. Pengujian Model Perhitungan Kebutuhan *Bandwidth*

No	Pengujian	Realisasi yang Diharapkan	Hasil Pengujian	
1	Data input kapasitas huruf	Muncul pesan Masukan Angka Kapasitas	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai
2	Data input inbound huruf	Muncul pesan Masukan Angka	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai
3	Data input outbound huruf	Muncul pesan Masukan Angka	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai
4	Data input kapasitas kosong	Muncul pesan Harus Input Kapasitas	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai
5	Data input inbound kosong	Muncul pesan Harus Input Inbound	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai
6	Data input outbound kosong	Muncul pesan Harus Input Outbound	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai
7	Klik Tombol Proses	Muncul Hasil Perhitungan	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai
8	Klik Tombol Keluar	Keluar dari Model	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai	<input type="checkbox"/> Tidak Sesuai

Hasil pengujian dari pengujian *black-box* yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa model perhitungan kebutuhan *bandwidth* yang dibangun sudah memenuhi persyaratan fungsional dan sudah dapat menghasilkan keluaran yang diharapkan.

11. Implikasi Penelitian

A. Aspek Sistem

Sistem yang digunakan harus mendukung untuk memberikan hasil yang terbaik.

1. Hardware yang digunakan sudah memenuhi standart agar model perhitungan yang akan diterapkan dapat berjalan dengan baik.

2. Penggunaan model perhitungan kebutuhan *bandwidth* dengan GUI application menjadi lebih sederhana dan mudah untuk dioperasikan.

B. Aspek Manajerial

Sejalan dengan perkembangan PT.GMF Aero Asia baik dari jumlah maupun dari kebutuhan *bandwidth*, maka model perhitungan kebutuhan *bandwidth* yang telah dibuat diharapkan dapat membantu dalam menentukan kebutuhan *bandwidth* setiap lokasi dengan lebih akurat dan tepat.

Selain itu diperlukan adanya sosialisasi untuk memastikan penggunaan *bandwidth* dilokasi sudah optimal dan tidak terjadi kesalahan dalam penentuan kebutuhan.

C. Aspek Penelitian Lanjut

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambah jumlah variabel yang lain atau dikembangkan pada kebutuhan perhitungan yang lain. Penelitian selanjutnya dapat disesuaikan dengan kondisi dan situasi yang ada serta diuji rutin setiap ada perubahan.

IV. KESIMPULAN

Dalam penulisan tesis yang berjudul Model Perhitungan Kebutuhan *Bandwidth* Jaringan Komputer menggunakan Sistem Pakar Fuzzy dengan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) : Studi Kasus PT. GMF Aero Asia, Cengkareng penulis menyimpulkan :

1. Dalam melakukan perhitungan *bandwidth* data input yang digunakan diperoleh dari data histori penggunaan *bandwidth* tahun 2014 yang terdiri dari tiga variabel yaitu besar *bandwidth* yang digunakan, inbound yang digunakan, dan outbound yang digunakan..
2. Model perhitungan *bandwidth* dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) akan menghasilkan dua output yaitu kebutuhan *bandwidth* naik atau tidak naik, sebagai acuan perusahaan untuk melakukan sewa *bandwidth* secara akurat.
3. Dengan menggunakan dua metode pembelajaran yang berbeda, yaitu metode hybrid dan metode backpropagation, maka hasil simulasi ANFIS dalam penelitian ini hasil error yang terkecil terdapat pada metode Hybrid dengan tipe membership fuction trapmf dengan menghasilkan error =6.0182e-06.
4. Hasil pengujian metode perhitungan kebutuhan *bandwidth* dengan pengujian white-box yaitu 3 dan pengujian black-box sudah memenuhi kebutuhan fungsional dan keluaran yang diharapkan.

REFERENSI

[1] GMF Aero Asia, Profil Perusahaan, www.gmf-aeroasia.co.id. (Diakses 10 november 2014)

[2] Andri Kristanto, "Jaringan Komputer" Graha Ilmu Yogyakarta, 2003.

[3] Andrew, S.,1997, Jaringan Komputer Edisi Bahasa Indonesia Jilid I, Jakarta : Prenhallindo.

- [4] Wahana Komputer, 2003, “Konsep Jaringan Komputer dan Pengembangannya”, Salemba Infotek, Semarang.
- [5] Mustaziri 2012, “Sistem Pakar Fuzzy untuk Optimasi Penggunaan *Bandwidth* jaringan komputer”, Jurnal Sistem Informasi Bisnis ,Palembang,
- [6] Sysneta, Jaringan Komputer dan Keamanan, www.jaringan-komputer.cv-sysneta.com. (Diakses 17 november 2014)
- [7] Sri Kusumadewi, “Analisis Desain Sistem Fuzzy menggunakan Tool Box Matlab”, Edisi ke-1 Graha Ilmu Yogyakarta, 2002.
- [8] Agus, F., Suyatno, A. dan Supianto 2010. “Optimalisasi manajemen *bandwidth* pada jaringan intranet Universitas Mulawarman”, Jurnal Informatika Mulawarman, Vol.5 No.1, Samarinda.
- [9] Muhammad Rofiq 2013, “Perancangan Manajemen *Bandwidth* Internet menggunakan Metode Fuzzy Sugeno”, Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA, Vol. 7 No. 1, Malang.