

PREDIKSI BEBAN BANDWIDTH MENGGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM DAN TIME SERIES PADA INTERNET SERVICE PROVIDER (ISP)

Muchammad Faiq Alwan¹⁾, Anang Aris Widodo²⁾, Rudi Hariyanto³⁾

Universitas Merdeka Pasuruan, Kota Pasuruan, Jawa Timur
email : faiqalwan86@gmail.com

Abstrak

Prediksi kebutuhan bandwidth pada jaringan komputer di Internet Service Provider (ISP) diperlukan untuk mengidentifikasi kebutuhan bandwidth yang akan terjadi, baik pada jaringan LAN maupun pada jaringan koneksi internet sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan Internet Service Provider dan menentukan berapa besar biaya yang akan dikeluarkan untuk sewa bandwidth. Apabila pemberian bandwidth lebih besar dari kebutuhan yang sebenarnya akan mengakibatkan pemborosan bandwidth. Sedangkan apabila pemberian bandwidth lebih rendah dari kebutuhan sebenarnya, akses bagi konsumen menjadi lebih lambat yang akibatnya merugikan pihak pengguna. Tujuan penulis ingin menyampaikan cara membangun model prediksi beban bandwidth menggunakan metode Fuzzy Inference System dan Time Series pada Internet Service Provider (ISP) sebagai pertimbangan menentukan beban bandwidth di varian tipe hari, seperti hari kerja, hari libur dan hari libur nasional. Peramalan atau prediksi beban bandwidth Hasil penelitian didapatkan perbandingan seperti pada Tabel 2 terjadi selisih yang sedikit jika dibandingkan dengan keduanya. Dalam presentasi kesalahan untuk Fuzzy Inference System berdasarkan perbandingan Fuzzy Time Series dengan nilai MSE dan nilai MAPE dengan kriteria MAPE <10% yang di nilai “sangat baik”.

Kata Kunci : Bandwidth; Fuzzy Inference System; Fuzzy Time series; Matlab.

Abstract

Prediction of bandwidth requirements on computer networks at Internet Service Providers (ISPs) is needed to identify bandwidth requirements that will occur, both on LAN networks and on internet connection networks so as to improve the quality of Internet Service Provider services and determine how much costs will be incurred for bandwidth leases . If the provision of bandwidth is greater than the actual requirement will result in wastage of bandwidth. Meanwhile, if the provision of bandwidth is lower than actual needs, access for consumers will be slower which will result in losses for the user. The author's goal is to convey how to build a bandwidth load prediction model using the Fuzzy Inference System and Time Series methods for Internet Service Providers (ISPs) as a consideration for determining bandwidth load on variant types of days, such as weekdays, holidays and national holidays. Forecasting or prediction of bandwidth load The results of the research show that the comparison is shown in table 4.2. There is a slight difference when compared to the two. In the error presentation for the Fuzzy Inference System, based on a comparison of the Fuzzy Time Series with MSE values and MAPE values with MAPE criteria <10%, the value is "Very good".

Keywords : Bandwidth; Fuzzy Inference System; Fuzzy Time series; Matlab.

1. PENDAHULUAN

Prediksi kebutuhan bandwidth pada jaringan komputer di Internet Service Provider (ISP) diperlukan untuk mengidentifikasi kebutuhan bandwidth yang akan terjadi, baik pada jaringan LAN maupun pada jaringan koneksi internet sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan Internet Service Provider dan menentukan berapa besar biaya yang akan dikeluarkan untuk sewa bandwidth. Apabila pemberian bandwidth lebih besar dari kebutuhan yang sebenarnya akan mengakibatkan pemborosan bandwidth. Sedangkan apabila pemberian bandwidth lebih rendah dari kebutuhan sebenarnya, akses bagi konsumen menjadi lebih lambat yang akibatnya merugikan pihak pengguna. Penggunaan internet secara bersama dapat mempengaruhi performansi jaringan seiring

dengan peningkatan jumlah pengguna. Performansi jaringan memegang peranan penting dalam pengaturan kebutuhan bandwidth untuk tiap layanan aplikasi internet yang beraneka-ragam. Ketersediaan bandwidth jaringan merupakan faktor penting dalam memilih layanan web (Foster and Kesselman, 2003).

Pada penelitian ini dikembangkan sistem Fuzzy Inference System untuk prediksi kebutuhan bandwidth pada Internet Service Provider (ISP) Sumber data yang diperlukan adalah data trafik harian yang kemudian data tersebut akan dibelajarkan pada sistem perangkat lunak yang sudah dirancang. Software pendukung untuk merancang program menggunakan Matlab. Tujuan penulis ingin menyampaikan cara membangun model prediksi beban bandwidth menggunakan metode Fuzzy Inference System dan Time Series pada Internet Service Provider (ISP) sebagai pertimbangan menentukan beban bandwidth di varian tipe hari, seperti hari kerja, hari libur dan hari libur nasional. Manfaat yang ingin disampaikan oleh penulis untuk para pembaca adalah setiap beban bandwidth dapat diprediksi sesuai kebutuhan para pengguna provider sebagai pertimbangan penggunaan di Kominfo Kota Pasuruan dengan menentukan variasi hari yang telah disebutkan penulis. Dan penulis bisa menginspirasi untuk melanjutkan penelitian selanjutnya.

2. METODE / ALGORITMA

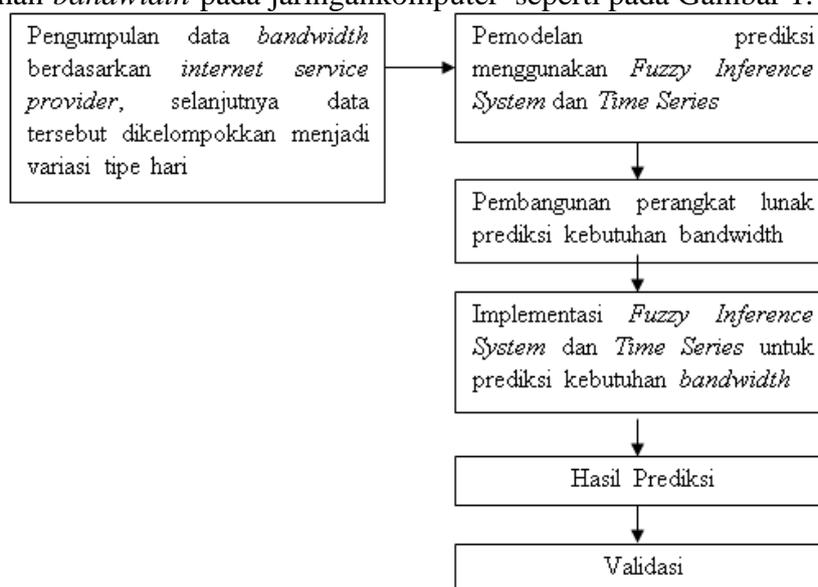
Pada bab ini menjelaskan tentang analisis masalah dan rancangan penyelesaian masalah dalam Skripsi. Beberapa isi yang perlu disertakan dalam bab ini antara lain rancangan solusi dari permasalahan, gambaran arsitektur aplikasi, spesifikasi hardware dan software yang digunakan dalam aplikasi / program yang dibuat, rancangan alur program dalam bentuk flowchart.

2.1 BAHAN PENELITIAN

Bahan yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian dalam pembuatan aplikasi prediksi kebutuhan bandwidth pada jaringan komputer Internet Service Provider dengan metode Fuzzy Inference System dan Time Series adalah data histori penggunaan bandwidth pada jaringan komputer Internet Service Provider di Kominfo Kota Pasuruan.

2.2 ALUR PENELITIAN

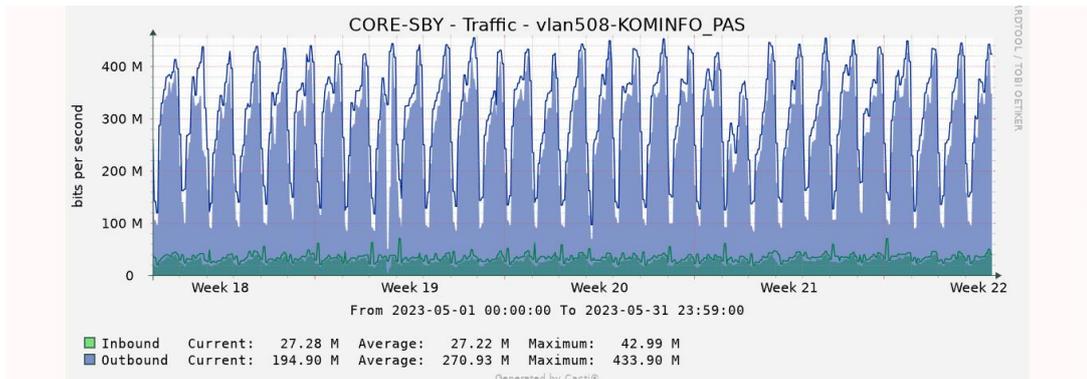
Proses pembuatan sistem prediksi kebutuhan *bandwidth* pada jaringan komputer dengan metode *Fuzzy Inference System* dan *Time Series* diterangkan pada penjelasan sebagai berikut: Alur penelitian peramalan kebutuhan *bandwidth* pada jaringankomputer seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian Peramalan Kebutuhan Bandwidth

a. Pengumpulan Data

Berdasarkan kalender *Internet Service Provider (ISP)* data yang dapat dikumpulkan adalah data hari kerja jumlah total 4 minggu dari tanggal 1 Mei 2023 – 30 Mei 2023, data minggu ke-3 digunakan untuk prediksi dan data minggu ke-4 untuk validasi, untuk data hari kerja dan libur jumlah total 4 minggu, data 2 minggu digunakan untuk prediksi dan data 1 minggunya digunakan untuk validasi. Semakin banyak data yang dapat diperoleh. Semakin baik dapat menyelesaikan masalahnya.

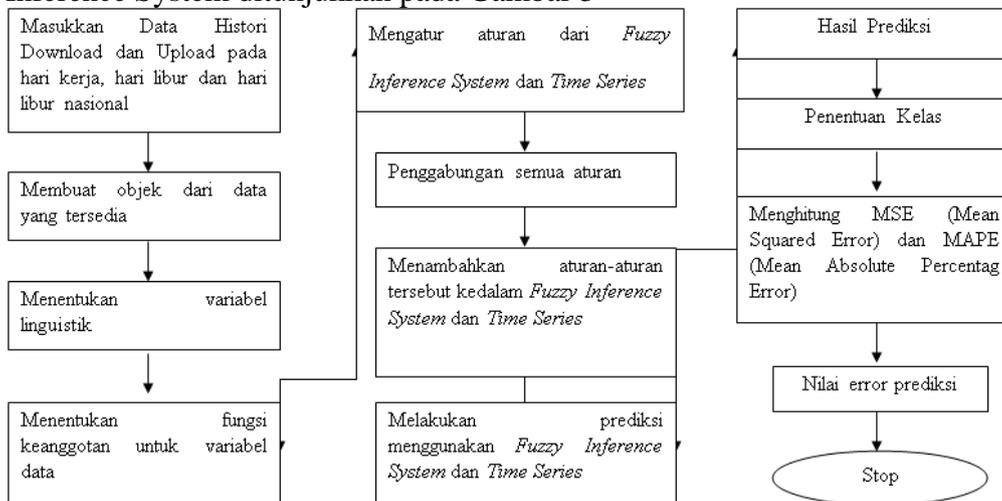


Gambar 2. Grafik Data Traffic Bulan Mei 2023

b. Perancangan Sistem

Perancangan pada penelitian ini meliputi perancangan system peramalan kebutuhan bandwidth menggunakan program MATLAB, praproses, segmentasi, proses, dan perancangan perangkat lunak.

Pada implementasi software untuk menjalankan software sistem peramalan kebutuhan bandwidth menggunakan program MATLAB. Flowchart Perangkat Lunak Peramalan dengan Fuzzy Inference System ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 3. Flowchart Sistem Peramalan dengan Fuzzy Inference System dan Fuzzy Time Series

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 IMPLEMENTASI

Dalam aplikasi ini dibangun dengan bahasa pemrograman Matlab. Data yang digunakan adalah data *Internet Service Provider (ISP)* pada bulan Mei 2023 yang didapatkan dari Kominfo Kota Pasuruan. Proses dari aplikasi yang akan dibangun yaitu mulai dari input data bandwidth pada hari kerja, hari libur kerja, dan hari libur nasional. Setelah penginputan data badwidth dilanjutkan dengan

membuat objek dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* dan *Time Series*. Setelah itu, penentuan variabel linguistik dari data bandwidth, kedua fungsi keanggotaan untuk variabel data, ketiga mengatur aturan fuzzy, keempat tahap penggabungan semua aturan fuzzy, kelima dimulai perhitungan prediksi fuzzy. Lima tahap perhitungan fuzzy telah dilakukan kemudian keluarlah hasil dari prediksi bandwidth pada hari kerja, hari libur dan hari libur nasional. Setelah mendapatkan hasil dari prediksi barulah menentukan kelas dari hasil prediksi tersebut. Dan yang terakhir menghitung MSE (*Mean Squared Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentag Error*) dari *Fuzzy Inference System* dan *Time Series*.

3.1.1 Input Data

Langkah pertama yaitu mempersiapkan data beban download dan upload dalam bentuk excel. Data beban *download* dan *upload* didapatkan dari Kominfo Kota Pasuruan disajikan per harian (24 jam) dari tanggal 1 Mei 2023 sampai dengan tanggal 30 Mei 2023.

Tabel 1. Data Beban *Download* dan *Upload* Bulan Mei 2023

Waktu Operasi	01.05.23	02.05.23	03.05.23	04.05.23	05.05.23
Upload	280,21	246,13	252,09	256,2	260,85
Download	29,11	25,78	25,27	27,54	27,52

Waktu Operasi	06.05.23	07.05.23	08.05.23	09.05.23	10.05.23
Upload	281,04	277,47	262,25	230,21	269,18
Download	28,72	27,01	26,73	23,17	26,31

Waktu Operasi	11.05.23	12.5.2023	13.5.2023	14.5.2023	15.5.2023
Upload	270,33	272,55	262,03	275,3	249,37
Download	25,69	25	25,54	26,71	26,61

Waktu Operasi	16.05.23	17.05.23	18.05.23	19.05.23	20.05.23
Upload	263,3	260,84	280,17	271,99	271,62
Download	28,02	26,92	25,64	25,92	24,06

Waktu Operasi	21.05.23	22.05.23	23.05.23	24.05.23	25.05.23
Upload	280,1	227,95	253,6	255,66	266,83
Download	26,29	23,56	26,11	27,85	30,12

Waktu Operasi	26.05.23	27.05.23	28.05.23	29.05.23	30.05.23	31.05.23
Upload	278,91	281,55	280,26	258,74	258,05	267,04
Download	28,51	28,46	30,11	27,47	27,62	29,32

Langkah pertama sebelum mencari beban *bandwidth* dengan metode *Fuzzy Inference System* dan *Fuzzy Time Series* diperlukan penginputan data sesuai tipe hari. Kemudian mencari rata-rata dari beban bandwidth sesuai dengan tipe hari. Berikut *source code*

1) Input Data Hari Kerja. Pada data hari kerja terdapat 25 data yang dalam artian 25 hari kerja.

data_bandwidth = [data selama 25 hari kerja]

- 2) Input Data Hari Libur. Pada data hari kerja terdapat 4 data yang dalam artian 4 hari minggu di bulan mei.

$$\text{data_bandwidth} = [\text{data selama 4 hari libur}]$$

- 3) Input Data Hari Libur Nasional. Pada data hari kerja terdapat 2 data yang dalam artian 2 hari nasional di bulan mei, yaitu hari buruh nasional dan hari kenaikan Isa Al Masih.

$$\text{data_bandwidth} = [\text{data selama 2 hari libur}]$$

3.1.2 Fuzzy Inference System

1. Implementasi Objek Fuzzy Inference System

Pada dalam *source code* untuk perhitungan beban pada selain hari kerja tinggal mengganti data tersebut menjadi data hari sesuai dengan kebutuhan. Misal ingin menghitung data hari libur, maka data bandwidth hari kerja diganti dengan data hari libur dan seterusnya.

$$\text{Fis} = \text{newfis}(\text{'bandwidth_prediction'});$$

2. Menentukan Variabel Linguistik Fuzzy Inference System

Variabel linguistik adalah variabel yang memiliki nilai linguistik. Variabel linguistiknya adalah data beban *download* dan data beban dari hasil *prediction*. Pada *source code download* sebagai data *input*, sedangkan *prediction* berfungsi sebagai data *output*. Jika ingin menghitung data *upload*, tinggal mengganti data *download* dengan data *upload* pada *source code*-nya. Variabel input adalah 'download' dengan rentang nilai antara 0 hingga 40, dan variabel 'output' adalah 'prediction' juga dengan rentang nilai antara 0 hingga 40. *Source code* yang digunakan adalah

$$\begin{aligned} \text{fis} &= \text{addvar}(\text{fis}, \text{'input'}, \text{'download'}, [0 \ 40]); \\ \text{fis} &= \text{addvar}(\text{fis}, \text{'output'}, \text{'prediction'}, [0 \ 40]); \end{aligned}$$

3. Menentukan Fungsi Keanggotaan untuk Variabel Data

Fungsi Keanggotaan Logika Fuzzy digunakan dalam menghitung derajat keanggotaan suatu himpunan fuzzy. Setiap istilah linguistik diasosiasikan dengan *fuzzy set*, yang masing-masing memiliki fungsi keanggotaan yang telah didefinisikan.

Menentukan fungsi keanggotaan untuk variabel *input 'download'* dalam Fuzzy Inference System. Fungsi keanggotaan yang ditentukan adalah 'low', 'medium' dan 'high'. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi segitiga ('trimf') dengan parameter '[a b c]' dimana 'a', 'b' dan 'c' adalah titik-titik control yang mendefinisikan bentuk fungsi keanggotaan.

$$\begin{aligned} \text{Low} &= \{0, 0, 15\} \\ \text{Medium} &= \{5, 15, 25\} \\ \text{High} &= \{15, 25, 40\} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menentukan fungsi keanggotaan untuk variabel output 'prediction' dalam Fuzzy Inference System. Fungsi keanggotaan yang ditentukan juga adalah 'low', 'medium' dan 'high'. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi segitiga ('trimf') dengan parameter '[a b c]' dimana 'a', 'b' dan 'c' adalah titik-titik control yang mendefinisikan bentuk fungsi keanggotaan.

4. Aturan Fuzzy

Aturan pada fuzzy menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi. Cara penulisan aturan secara umum adalah : If (X₁ is A₁) (X_n is A_n) Then Y is B dengan (.) adalah operator (OR atau AND), X adalah *scalar* dan A adalah variabel linguistik.

Dalam mengatur aturan fuzzy berdasarkan kombinasi nilai variabel linguistik. Setiap aturan terdiri dari empat angka yang mewakili indeks variabel dan fungsi keanggotaan yang harus aktif agar aturan tersebut berlaku. Pada source code ini penulis membuat aturan sebagai berikut

Rule1 = [1 1 1 1]
Rule2 = [2 2 1 1]
Rule3 = [3 3 1 2]

Dalam rule 1 berisi data yang memiliki variabel low kemudian variabel data *prediction*-nya low. Rule ke 2 variabel data-nya *medium* sedangkan variabel data *prediction*-nya low.

5. Penggabungan Semua Aturan Fuzzy

Sistem *fuzzy* menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan aturan-aturan *fuzzy* jika-maka yang bersumber dari pengalaman manusia. Dalam tahap ini semua aturan *fuzzy* yang telah disebutkan diatas digabung ke dalam sebuah matriks, seperti *source code* dibawah ini

Rules = [rule1; rule2; rule3];

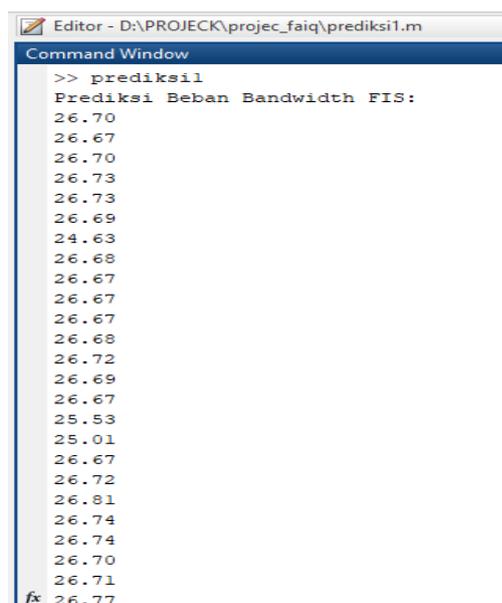
6. Penambahan Aturan ke dalam Fuzzy Inference System

Setelah penentuan aturan dalam *fuzzy*, tahapan selanjutnya adalah pengimplementasian ke dalam *Fuzzy Inference System*. Menambahkan aturan-aturan ke dalam objek Fuzzy Inference System dengan menggunakan perulangan berdasarkan jumlah aturan yang ada. Dengan source code sebagai berikut

```
For I = 1:size(rules, 1)  
    Fis = addRule(fis, rules(I, :));  
end
```

7. Melakukan Prediksi Menggunakan Fuzzy Inference System

Tahapan terakhir adalah menentukan hasil prediksi *bandwidth* menggunakan *Fuzzy Inference System*. Dalam hasil *output* prediksi *bandwidth* ini berdasarkan hari yang berfungsi sebagai acuan dalam penentuan *bandwidth* di bulan selanjutnya. Berikut hasil dari prediksi *bandwidth*



Gambar 4. Hasil Prediksi Beban Bandwidth Hari Kerja

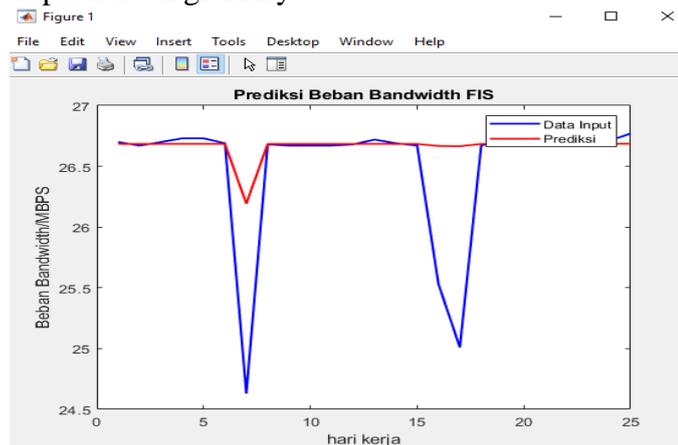
```
Command Window
>> prediksi2
Prediksi Beban Bandwidth FIS:
26.69
26.68
26.68
26.86
```

Gambar 5. Hasil Prediksi Beban Bandwidth Hari Libur

```
Command Window
>> prediksi3
Prediksi Beban Bandwidth FIS:
26.76
26.67
```

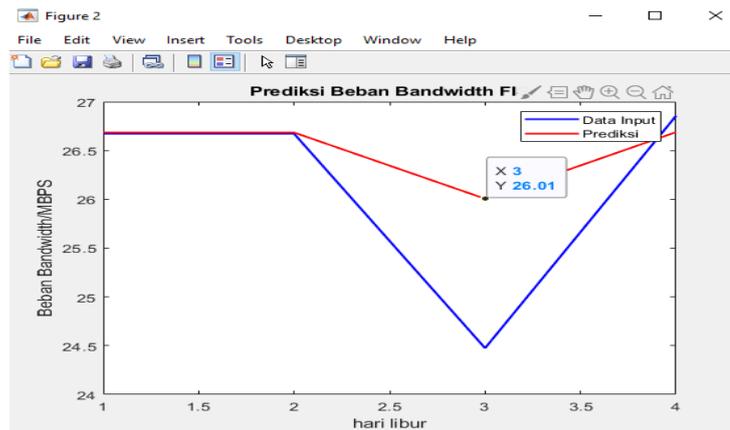
Gambar 6. Hasil Prediksi Beban Bandwidth Hari Libur Nasional

Adapun hasil prediksi berupa perbandingan grafik antara data data input dan data hasil prediksi. Berikut tampilan hasil grafiknya



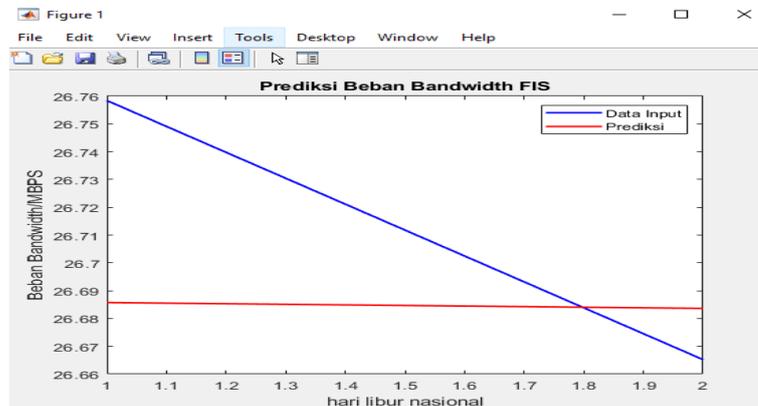
Gambar 7. Grafik Prediksi Hari Kerja (Fuzzy Inference System)

Pada Gambar 7. grafik hasil prediksi pada hari kerja terlihat perbedaan yang signifikan. Terlihat pada garis berwarna biru menandakan data input dan garis berwarna merah menandakan hasil dari prediksi bandwidth. Pada grafik menunjukkan beban bandwidth pada hari kerja terlihat tetap diangka yang sama hanya di beberapa tanggal 5 keatas ada pergerakan turun dan naiknya beban bandwidth.



Gambar 8. Grafik Prediksi Hari Libur (Fuzzy Inference System)

Pada grafik Gambar 8 menunjukkan beban bandwidth pada hari libur terlihat tetap diangka yang sama hanya di beberapa tanggal 20 keatas ada pergerakan turun dan naiknya beban bandwidth. Pada data input beban bandwidth ada pergerakan di angka 24,5 sedangkan di data prediksi mengalami kenaikan bandwidth menjadi 26.



Gambar 9. Grafik Prediksi Hari Libur Nasional (Fuzzy Inference System)

Pada Gambar 9. beban bandwidth data input terlihat sangat landau, sedangkan beban bandwidth hasil prediksi tidak ada pergerakan sama sekali tetap diangka 26.

3.1.3 Fuzzy Time Series

1. Implementasi Objek Fuzzy Time Series

Dalam penentuan objek pada *Fuzzy Time Series* sama seperti penentuan objek pada *Fuzzy Inference System* yaitu hari kerja ada 25 data, hari libur terdapat 4 data, dan hari libur nasional terdapat 2 data. Dengan source code sebagai berikut:

```
Fts = newfts('bandwidth_prediction_fts');
```

2. Menentukan Variabel Linguistik Fuzzy Time Series

Langkah-langkah dalam menentukan variabel linguistik kurang lebih sama dengan *Fuzzy Inference System*. Pada source code *download* sebagai data *input*, sedangkan *prediction* berfungsi sebagai data *output*. Jika ingin menghitung data *upload*, tinggal mengganti data *download* dengan data *upload* pada source code-nya. Variabel input adalah 'download' dengan rentang nilai antara 0 hingga 40, dan variabel 'output' adalah 'prediction' juga dengan rentang nilai antara 0 hingga 40. Source code yang digunakan adalah

```
Fts = addvar(fts, 'input', 'download', [0 40]);
```

Fts = addvar(fts, 'input', 'prediction', [0 40]);

3. Menentukan Fungsi Keanggotaan untuk Variabel Data *Fuzzy Time Series*

Digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan untuk variabel input 'download' dalam *Fuzzy Time Series*. Fungsi keanggotaan yang ditentukan adalah 'low', 'medium', dan 'high'. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi trapesium ('trapmf') dengan parameter yang diberikan dalam kurung siku '[a b c d]', dimana 'a', 'b', 'c', dan 'd' adalah titik-titik control yang mendefinisikan bentuk fungsi keanggotaan. Dengan source code sebagai berikut

```

49
50 % Menentukan fungsi keanggotaan untuk variabel data dalam FTS
51 - fts = addmf(fts, 'input', 1, 'low', 'trapmf', [0 0 5 10]);
52 - fts = addmf(fts, 'input', 1, 'medium', 'trapmf', [5 10 15 25]);
53 - fts = addmf(fts, 'input', 1, 'high', 'trapmf', [15 25 40 40]);

```

Gambar 10. Variabel Data dalam *Fuzzy Time Series*

Digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan untuk variabel 'output' 'prediction' dalam *Fuzzy Time Series*. Fungsi keanggotaan yang ditentukan juga adalah 'low', 'medium' dan 'high'. Fungsi keanggotaan yang digunakan kali ini adalah fungsi segitiga ('trimf') dengan parameter '[a b c]' dimana 'a', 'b' dan 'c' adalah titik-titik control yang mendefinisikan bentuk fungsi keanggotaan. Adapun source code variabel dengan data prediction sebagai berikut

```

54
55 % Menentukan fungsi keanggotaan untuk variabel prediction dalam FTS
56 - fts = addmf(fts, 'output', 1, 'low', 'trimf', [0 0 15]);
57 - fts = addmf(fts, 'output', 1, 'medium', 'trimf', [5 15 25]);
58 - fts = addmf(fts, 'output', 1, 'high', 'trimf', [15 25 40]);
59

```

Gambar 11. Variabel Data Prediction dalam *Fuzzy Time Series*

4. Menentukan Aturan *Fuzzy Time Series*

Dalam penerapan *Fuzzy Time Series* kali ini menerapkan 3 peraturan yaitu

Rule1 = [1 1 1 1]

Rule2 = [2 2 1 1]

Rule3 = [3 3 1 2]

Dalam mengatur aturan *fuzzy* berdasarkan kombinasi nilai variabel linguistik untuk *Fuzzy Time Series* dengan rule 1 berisi data yang memiliki variabel low kemudian variabel data *prediction*-nya low. Rule ke 2 variabel data-nya *medium* sedangkan variabel data *prediction*-nya low. Dan yang terakhir rule 3 variabel data *high*, variabel *prediction medium*.

5. Penggabungan Semua Aturan *Fuzzy* ke dalam *Fuzzy Time Series*

Dalam tahap ini menerapkan penggabungan semua *rule* yang telah dijelaskan ditahapan sebelumnya, berikut *source code*

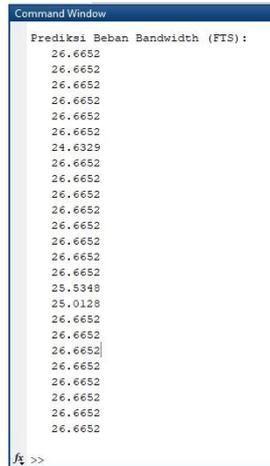
Fts_rules = [fts_rule1; fts_rule2; fts_rule3];
Fts = addrule(fts, fts_rules);

6. Melakukan Prediksi *Fuzzy Time Series*

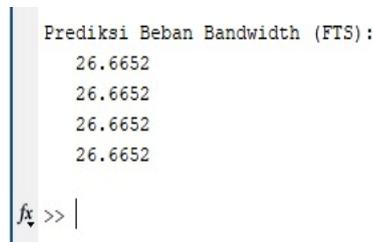
Dalam prediksi ini berfungsi untuk penentuan beban bandwidth sesuai dengan hari kerja, hari libur dan hari libur nasional.

7. Menampilkan Hasil Prediksi *Fuzzy Time Series*

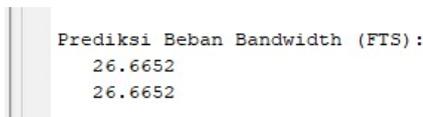
Berikut tampilan hasil prediksi *Fuzzy Time Series* berupa hasil beban bandwidth dan grafik perbandingan. Data dibagi menjadi hari kerja, hari libur, hari libur nasional.



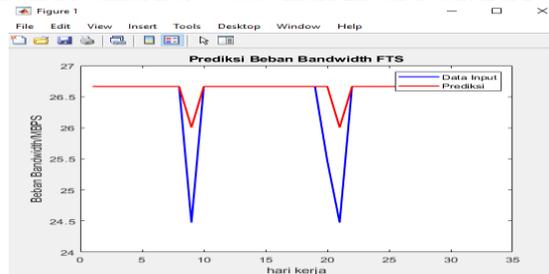
Gambar 12. Hasil Prediksi *Bandwidth* Hari Kerja *Fuzzy Time Series*



Gambar 13. Hasil Prediksi *Bandwidth* Hari Libur *Fuzzy Time Series*

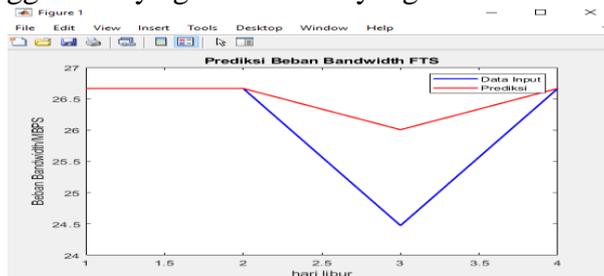


Gambar 14. Hasil Prediksi *Bandwidth* Hari Libur Nasional *Fuzzy Time Series*

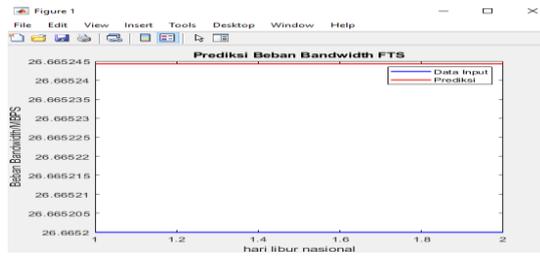


Gambar 15. Grafik Prediksi *Bandwidth* Hari Kerja *Fuzzy Time Series*

Pada hasil gambar 15 dan gambar 16 hasil prediksi beban bandwidth pada hari kerja hasil perbedaan pada data inpur (garis biru) dan hasil prediksi (garis merah) terjadi perbedaan di hari yang hampir sama sekitar tanggal 5 keatas dan tanggal 20 keatas, sedangkan ditanggal lainnya grafik di nilai yang sama sekitar angka 26.



Gambar 16. Grafik Prediksi *Bandwidth* Hari Libur *Fuzzy Time Series*



Gambar 17. Grafik Prediksi *Bandwidth* Hari Libur Nasional *Fuzzy Time Series*

Pada hasil prediksi gambar 17 pada hari libur nasional tidak ada perubahan sama sekali dengan data input. Dalam artian beban bandwidth prediksi selanjutnya adalah sama. Sedangkan pada gambar 16 pada hari libur terdapat perbedaan dengan data input dan hasil prediksi. Pada hasil prediksi beban bandwidth mengalami kenaikan diangka 26.

3.1.4 Prediksi Beban *Bandwidth*

Data prediksi beban *bandwidth* digunakan sebagai *input* untuk perhitungan rata-rata dan penentuan kelas *bandwidth*. Dalam memprediksi beban *bandwidth* berdasarkan tipe hari yang sudah dijelaskan diatas yaitu hari kerja, hari libur, hari libur nasional. Setelah penentuan beban bandwidth sesuai dengan tipe hari, maka tahap selanjutnya adalah perhitungan nilai rata-rata beban *bandwidth* sesuai tipe hari.

3.1.5 Penentuan Kelas *Bandwidth*

Kelas beban *bandwidth* ditentukan dengan membandingkan rata-rata beban *bandwidth* pada kondisi-kondisi yang berbeda menggunakan pernyataan *if-else*. **MSE (Mean Squared Error)** dan **MAPE (Mean Absolute Percentage Error)**

a. Menghitung MSE (Mean Squared Error)

Mean Squared Error (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan ditambahkan dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan.

b. Menghitung MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

MAPE (Mean Absolute Percent Error) digunakan jika ukuran variabel peramalan merupakan faktor penting dalam mengevaluasi akurasi peramalan tersebut. MAPE memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya dari series tersebut.

Berikut source code dalam menghitung MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MSE (*Mean Squared Error*)

```

1  # Data nilai sebenarnya
2  data_nilai_sebenarnya_kerja = [35.78, 35.37, 37.04, 37.33, 38.73, 34.75, 36.37, 36.31, 35.84, 35.00, 35.54, 31.41, 33.00, 36.40, 35.43,...
3  data_nilai_sebenarnya_libur = [27.05, 30.12, 28.51, 28.46, 27.47, 27.42, 26.32]
4  data_nilai_sebenarnya_libur_nasional = [27.02, 26.71, 26.20, 32.11]
5
6
7  # Menghitung MSE dan MAPE
8  msp_kerja_FIS = mean([data_kerja_FIS - data_nilai_sebenarnya_kerja]**2)
9  msp_libur_FIS = mean([data_libur_FIS - data_nilai_sebenarnya_libur]**2)
10 msp_libur_nasional_FIS = mean([data_libur_nasional_FIS - data_nilai_sebenarnya_libur_nasional]**2)
11 msp_kerja_FIS = mean([data_kerja_FIS - data_nilai_sebenarnya_kerja]**2)
12 msp_libur_FIS = mean([data_libur_FIS - data_nilai_sebenangnya_libur]**2)
13 msp_libur_nasional_FIS = mean([data_libur_nasional_FIS - data_nilai_sebenangnya_libur_nasional]**2)
14
15 mape_kerja_FIS = mean(abs([data_kerja_FIS - data_nilai_sebenangnya_kerja]) / data_nilai_sebenangnya_kerja) * 100
16 mape_libur_FIS = mean(abs([data_libur_FIS - data_nilai_sebenangnya_libur]) / data_nilai_sebenangnya_libur) * 100
17 mape_libur_nasional_FIS = mean(abs([data_libur_nasional_FIS - data_nilai_sebenangnya_libur_nasional]) / data_nilai_sebenangnya_libur_nasional) * 100
18
19 mape_kerja_FIS = mean(abs([data_kerja_FIS - data_nilai_sebenangnya_kerja]) / data_nilai_sebenangnya_kerja) * 100
20 mape_libur_FIS = mean(abs([data_libur_FIS - data_nilai_sebenangnya_libur]) / data_nilai_sebenangnya_libur) * 100
21 mape_libur_nasional_FIS = mean(abs([data_libur_nasional_FIS - data_nilai_sebenangnya_libur_nasional]) / data_nilai_sebenangnya_libur_nasional) * 100
22

```

Gambar 18. Menghitung MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MSE (*Mean Squared Error*)

Dalam menghitung MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya dari series tersebut. Maka dari itu MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) perlu dirubah dalam bentuk presentase.

Perhitungan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MSE (*Mean Squared Error*) dapat disimpulkan pada tabel sebagai berikut

Tabel 2 Hasil MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MSE (*Mean Squared Error*)

<i>Fuzzy Inference System</i> (Hari Kerja)		<i>Fuzzy Time Series</i> (Hari Kerja)	
MSE	MAPE	MSE	MAPE
1,9376	4,3925%	2,0533	4,4956%
<i>Fuzzy Inference System</i> (Hari Libur)		<i>Fuzzy Time Series</i> (Hari Libur)	
MSE	MAPE	MSE	MAPE
5,3794	5,5024%	5,7946	5,668%
<i>Fuzzy Inference System</i> (Hari Libur Nasional)		<i>Fuzzy Time Series</i> (Hari Libur Nasional)	
MSE	MAPE	MSE	MAPE
3,2905	6,0384%	3,514	6,1985%

Hasil penelitian didapatkan perbandingan seperti pada Tabel 2 terjadi selisih yang sedikit jika dibandingkan dengan keduanya.. Dalam presentasi kesalahan untuk *Fuzzy Inference System* berdasarkan perbandingan *Fuzzy Time Series* dengan nilai MSE dan nilai MAPE dengan kriteria MAPE <10% yang di nilai “sangat baik”.

Nilai Akurasi Prediksi Bandwidth

Akurasi prediksi adalah kemampuan suatu model atau algoritma untuk memprediksi nilai yang benar atau akurat. Menghitung akurasi prediksi penting untuk mengevaluasi kinerja dari metode yang dibuat. Salah satu aspek yang penting dalam penelitian ini. Beberapa evaluasi performa model yang umum digunakan diantaranya *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang digunakan penulis dalam menentukan evaluasi performa metode yang dipilih yaitu *Fuzzy Inference System* dan *Fuzzy Time Series*.

Dalam semua situasi peramalan mengandung derajat ketidakpastian. Kita mengenali fakta ini dengan memasukkan unsur kesalahan (*error*) dalam perumusan sebuah peramalan deret waktu. Sumber penyimpangan dalam peramalan bukan hanya disebabkan oleh unsur *error*, tetapi ketidakmampuan suatu model peramalan mengenali unsur lain dalam deret data juga mempengaruhi besarnya penyimpangan dalam peramalan. Jadi besarnya penyimpangan hasil peramalan bisa disebabkan oleh besarnya faktor yang tidak diduga (*outliers*) dimana tidak ada metode peramalan yang mampu menghasilkan peramalan yang akurat, atau bisa juga disebabkan metode peramalan yang digunakan tidak dapat memprediksi dengan tepat komponen *trend*, komponen musiman, atau komponen siklus yang mungkin terdapat dalam deret data, yang berarti metode yang digunakan tidak tepat (Bowerman dan O’Connell, 1987, p. 12). Hasil perhitungan dijelaskan di Tabel 3 sebagai berikut

Tabel 3. Hasil Nilai Akurasi Prediksi Bandwidth

<i>Fuzzy Inference System</i> (Hari Kerja)		<i>Fuzzy Time Series</i> (Hari Kerja)	
MSE	MAPE	MSE	MAPE
98,0624 %	95,6075%	97,9467%	95,5044%
<i>Fuzzy Inference System</i> (Hari Libur)		<i>Fuzzy Time Series</i> (Hari Libur)	
MSE	MAPE	MSE	MAPE
94,6206%	94,4976%	94,2054%	94,332%
<i>Fuzzy Inference System</i>		<i>Fuzzy Time Series</i>	

(Hari Libur Nasional)		(Hari Libur Nasional)	
MSE	MAPE	MSE	MAPE
96,7095%	93,9616%	96,486%	93,8015%

Dengan nilai error berdasarkan nilai dari *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang terdapat pada Tabel 2. Dalam hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai hasil akurasi prediksi beban *bandwidth* pada Tabel 3 menunjukkan hasil diatas 90% yang dapat diartikan nilai hasil prediksi “sangat baik” dengan nilai *error* yang kecil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah yang dibuat, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dalam membangun model prediksi beban *bandwidth* menggunakan metode *Fuzzy Inference System* dan *Time Series* pada *Internet Service Provider* (ISP) dapat disimpulkan bahwa dua metode tersebut menunjukkan perbedaan tingkat kesalahannya. Pada metode *Fuzzy Inference System* memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil dibandingkan dengan *Fuzzy Time Series*.
2. Peramalan atau prediksi beban *bandwidth* Hasil penelitian didapatkan perbandingan seperti pada Tabel 2 terjadi selisih yang sedikit jika dibandingkan dengan keduanya.. Dalam presentasi kesalahan untuk *Fuzzy Inference System* berdasarkan perbandingan *Fuzzy Time Series* dengan nilai MSE dan nilai MAPE dengan kriteria MAPE <10% yang di nilai “sangat baik”.
3. Dalam perhitungan nilai akurasi dengan nilai error berdasarkan nilai dari *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang terdapat pada Tabel 2. Dalam hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai hasil akurasi prediksi beban *bandwidth* pada Tabel 3 menunjukkan hasil diatas 90% yang dapat diartikan nilai hasil prediksi “sangat baik” dengan nilai *error* yang kecil.
4. Dalam mempertimbangkan variasi tipe hari dalam membangun model prediksi beban *bandwidth* pada *Internet Service Provider* (ISP) berpengaruh dalam hasil peramalan dikarenakan biasanya dalam kondisi hari libur kondisi beban *bandwidth* sangat rendah dan sebaliknya ketika hari kerja beban *bandwidth* sangat tinggi, tetapi penggunaan internet bergantung dengan kondisi tempat dan kegiatan yang sedang terjadi.
5. Mengimplementasikan model prediksi dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab dapat menjadi salah satu variasi metode untuk melakukan prediksi beban *bandwidth* menggunakan metode *Fuzzy Inference System* dan *Fuzzy Time Series*.

5. REFERENSI

- A. Nurlifa dan S. Kusumadewi, “*Sistem Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Moving Average Pada Rumah Jilbab Zaky*”, J. Invotek Polbeng -Seri Inform., vol.2, no. 1, pp. 18–25, 2017.
- AR, Margunadi, “*Pengantar Umum Elektro Teknik*“, PT Dian Rakyat, Jakarta, 1983.
- Cheng, Ching-Hsue dan Wei, Liang-Ying, “*One StepAhead ANFIS Time Series Model for Forecasting Electricity Load*”, Optim Eng, Vol.11, pp. 303-317, 2010.
- H.P.Satpathy, P.K.Dash dan Liew, AC and Rahman,S, “*A Real –Time Shorth-Term Load Forecasting System Using Functional Link Network*”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 12, No. 2, May 1997.

- Handoko, Bagus, “Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek pada Sistem Kelistrikan Jawa Timur dan Bali Menggunakan Fuzzy Time Series”, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, 2010.
- Handoko, Bagus. "Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek pada Sistem Kelistrikan Jawa Timur dan Bali Menggunakan Fuzzy Time Series." *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, ITS, Surabaya* (2010).
- Hasan, M. Iqbal, “Pokok-pokok Materi Statistik I (Statistik Deskriptif)”, Bumi Hutaeruk, ”Transmisi Daya Listrik”, Erlangga, Jakarta, 1985.
- Irawan, Feriza A. “Buku Pintar Pemrograman MATLAB”. Mediakom, Yogyakarta, 2012.
- Jang, JRS, Sun, dan Mizutani. E, ”Neuro-Fuzzy and Soft Computing”, Prentice Hall, London, 1993.
- Jek Siang, J. “Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan MATLAB”. Andi, Yogyakarta, 2005.
- Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo, ”Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan”, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004.
- Kusumadewi, Sri, ”Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & EXCEL LINK”, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004.
- Kusumadewi, Sri, dan Sri Hartati, ”Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf”, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006.
- Marsudi, Djiteng, ”Operasi Sistem Tenaga Listrik”, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006.
- Perdani, Afterina Wahyu. *Peramalan Kebutuhan Bandwidth Iub Jaringan UMTS dan HSDPA Menggunakan Fuzzy Inference System dan Time Series*. Diss. Universitas Brawijaya, 2014.
- Ross, Timothy J, ”Fuzzy Logic with Engineering Applications”, John Wiley & Sons Inc, Inggris, Edisi Ke-2
- Sora N., 2015. Pengertian Bandwidth Dan Fungsinya Secara Jelas. [online] Pengertian Apapun. Tersedia di: < <http://www.pengertianku.net/2015/05/pengertian-bandwidth-dan-fungsinya.html>> [Diakses 16 Januari 2017]
- Taufiq, M., Sugiarto, D., & Rochman, A. (2020). Peramalan Utilisasi Perangkat Jaringan dan Bandwidth Dengan Metode Holt-Winters dan Multi Layer Perceptron. *Ultimatics: Jurnal Teknik Informatika*, 12(1), 42-51.
- Widodo, P. P. dan Handayanto, R. T. “Penerapan Soft Computing dengan MATLAB”. Rekayasa Sains, Bandung, 2012.
- Widodo, TS, ”Sistem Neuro Fuzzy Untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan, dan Kendali”, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.
- Widyaprawati, L.K., “Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek di Bali Menggunakan Pendekatan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)”, Bali: Universitas Udayana, 2012.
- Widyaprawati, L.K., “Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek di Bali Menggunakan Pendekatan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)”, Bali: Universitas Udayana, 2012