

Sistem Pakar *Fuzzy* Untuk Optimasi Penggunaan *Bandwidth* Jaringan Komputer

^a Mustaziri

^a Jurusan Teknik Komputer, Politeknik Negeri Sriwijaya
Palembang, Indonesia 30139

Abstract

The need for bandwidth availability today is very high along with the increase of infrastructural growth of internet network. Therefore, the presence of efficient, reliable, and economical service availability system is required. It can be achieved by performing good and appropriate system planning. In providing efficient and reliable internet services, one of the supporting factors is the optimization of bandwidth using. To optimize the use of bandwidth, we use fuzzy expert system by Sugeno method. This fuzzy expert system use 3 input variables, such as lecture room, day, and time, with one output variable of the capacity of bandwidth used. Rule base being made based on the consultation with the expert to determine the rule base for fuzzy system input. The computation to determine the average error using the computation formula of MAPE (Means Absolute Percentage Error) which is the error median of absolute percentage. The data of the research results on the optimization of bandwidth using in fuzzy expert system with Sugeno method obtain from verification, that is by comparing actual data to prediction data with fuzzy system. The average error result is 6,5142 %.

Keywords: Fuzzy Expert System; Optimization; Bandwidth

1. Pendahuluan

Beberapa tahun terakhir ini telah berkembang aplikasi multimedia dan teknologi telekomunikasi, ini dapat dilihat dengan meningkatnya jumlah pengguna teknologi informasi terutama jaringan komputer untuk mengakses internet. Oleh karena itu, jaringan komputer diharapkan memainkan peran penting untuk akses internet melakukan layanan transaksional dan akses aplikasi multimedia yang bergerak, serta untuk mendukung berbagai komunikasi.

Pada jaringan komputer, antrian telah menjadi paradigma oleh karena itu adanya penjadwalan yang menyediakan beberapa persyaratan *quality of service*, yaitu keluaran dan *delay* yang dibatasi. Akibatnya algoritma penjadwalan diusulkan untuk melayani secara proporsional bagi pengguna jaringan komputer.

Lembaga pendidikan tinggi di negara-negara berkembang harus berhadapan dengan tuntutan terhadap pertumbuhan infrastruktur internet. Berkembangnya jaringan *Local Area Network* (LAN) dan jaringan *internet* yang semakin membesar membutuhkan adanya suatu metode yang dapat memprediksi dan mengidentifikasi kebutuhan *bandwidth* jaringan komputer, sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan akademik dan menentukan berapa besar biaya yang akan dikeluarkan untuk sewa *bandwidth*.

Penggunaan sistem pakar *fuzzy* telah banyak dimanfaatkan dalam beberapa penelitian dengan tingkat kesalahan yang relatif sedikit, karena pada sistem pakar *fuzzy* dapat mengolah data yang banyak dengan data yang memiliki rentang sehingga mempermudah perhitungan untuk memperoleh hasil, logika *fuzzy* juga sangat fleksibel

artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan, serta mampu memodelkan fungsi non linier yang sangat kompleks dan dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem optimasi penggunaan *bandwidth* jaringan komputer menggunakan sistem pakar *fuzzy* dengan metode Sugeno untuk mengidentifikasi penggunaan *bandwidth* jaringan komputer.

2. Kerangka Teori

2.1. Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah dua atau lebih komputer yang saling terhubung, bisa berbagi pakai file dan peralatan jaringan pada beberapa lokasi. Pada jaringan komputer terdapat istilah *bandwidth*. *Bandwidth* adalah suatu ukuran rentang frekuensi maksimum yang dapat mengalir data dari suatu tempat ke tempat lain dalam suatu waktu tertentu. Satuan yang dipakai untuk *Bandwidth* adalah *bit per secon* (bps) atau *Byte per secon* (Bps) dimana 1Byte = 8 bit. Bit atau *binary* digit adalah basis angka yang terdiri dari angka 0 dan 1. Satuan ini menggambarkan seberapa banyak bit (angka 0 dan 1) yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat yang lain dalam setiap detiknya melalui suatu media (Hekmat, 2005)..

2.2. Internet

Internet merupakan singkatan dari *Interconnected Networking*, yang berarti suatu jaringan komputer yang terhubung dengan luas. *Internet* berasal dari sebuah jaringan komputer yang dibuat pada tahun 1970-an yang

terus berkembang sampai sekarang menjadi jaringan dunia yang sangat luas. Jaringan tersebut diberi nama ARPANET, yaitu jaringan yang dibentuk oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Kemudian, jaringan komputer tersebut diperbaharui dan dikembangkan sampai sekarang dan menjadi tulang punggung global untuk sumber daya informasi yang disebut internet (Andrew, 1997).

2.3. *Sistem Pakar Fuzzy*

Sistem pakar merupakan suatu sistem terkomputerisasi yang menggunakan pengetahuan bidang tertentu untuk mencapai solusi suatu masalah dari bidang tersebut. Sistem pakar dalam memecahkan masalah menggunakan proses yang serupa dengan metode yang digunakan seorang pakar. Solusi yang diberikan sistem pakar pada dasarnya sama seperti yang disimpulkan oleh seorang pakar. (Hartati dan Iswari, 2008).

2.4. *Metode Sugeno*

Penalaran dengan metode *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan *linear*. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985 Perbedaan utama antara metode *Mamdani* dan *Sugeno* adalah *output membership function* dari metode *Sugeno* berbentuk *linier* atau konstan (Kusumadewi, 2010).

Aturan pada model *fuzzy* Sugeno mempunyai bentuk :

If Input 1 = x and Input 2 = y
then Output is z = ax + by + c

Ada 2 model *fuzzy* dengan metode Sugeno yaitu sebagai berikut:

1. Model *Fuzzy Sugeno* Orde-Nol

Secara umum bentuk model *fuzzy SUGENO* Orde-Nol adalah:

IF(x₁ is A₁)•(x₂ is A₂)•(x₃ is A₃)• ...•(x_N is A_N) THEN z=k
dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke-i sebagai anteseden, dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

2. Model *Fuzzy Sugeno* Orde-Satu

Secara umum bentuk model *fuzzy SUGENO* Orde-Satu adalah:

IF(x₁ is A₁) •... •(x_N is A_N) THEN z = p₁*x₁+ ...+ p_N*x_N+q

2.5. *Pengukuran Prakiraan*

Teknik Prakiraan tidak selamanya selalu tepat karena teknik prakiraan yang digunakan belum tentu sesuai dengan sifat datanya, atau disebabkan oleh kondisi di luar bisnis yang mengharuskan bisnis itu menyesuaikan diri. Oleh karena itu, perlu diadakan pengawasan prakiraan sehingga dapat diketahui sesuai atau tidaknya teknik prakiraan yang digunakan. Sehingga dapat dipilih dan ditentukan teknik prakiraan yang lebih sesuai dengan cara menentukan batas toleransi peramalan atas penyimpangan yang terjadi.

Pada prinsipnya, pengawasan prakiraan dilakukan dengan membandingkan hasil prakiraan dengan kenyataan yang terjadi. Penggunaan teknik prakiraan yang menghasilkan penyimpangan terkecil adalah teknik prakiraan yang paling sesuai untuk digunakan.

Besarnya *error* peramalan dihitung dengan mengurangi data riil dengan besarnya ramalan.

Keterangan:

$$\text{Error (E)} = X_t - F_t \tag{1}$$

X_t = Data riil periode ke-t

F_t = Ramalan periode ke-t

Dalam menghitung error peramalan digunakan MAPE (*Means Absolute Percentage Error*)

Mean *Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan nilai tengah kesalahan persentase absolute dari suatu peramalan.

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t}}{n} \tag{2}$$

Keterangan:

X_t = Nilai data periode ke-t

F_t = Ramalan periode ke-t

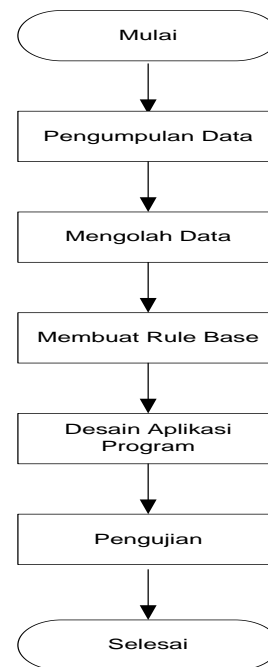
n = Banyaknya data

Jika MAPE < 25% maka hasil simulasi dapat diterima secara memuaskan, sebaliknya jika MAPE > 25% maka hasil simulasi kurang memuaskan (Oktafri, 2001).

3. **Metodologi**

3.1. *Prosedur Penelitian*

Prosedur penelitian akan mengikuti jalannya diagram alur penelitian yang merupakan acuan dari penelitian berikut ini prosedur penelitian seperti pada gambar 1.

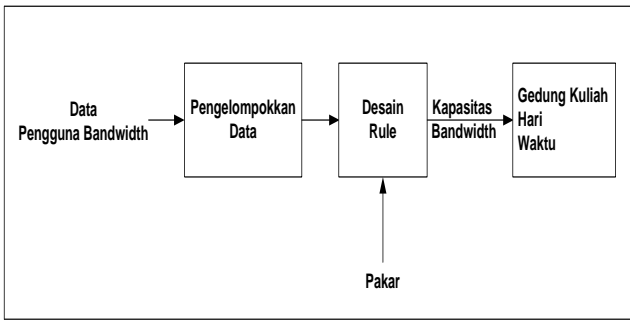


Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

3.2. *Kerangka Kerja Sistem*

Rencananya kerangka kerja dari sistem pakar *fuzzy* untuk optimasi penggunaan *bandwidth* yang akan dibangun dimulai dari pengambilan data pengguna *bandwidth*, kemudian pengelompokkan data, setelah itu desain *rule base* dengan keluaran kapasitas bandwidth pada gedung kuliah di hari dan waktu yang sama. Untuk lebih

jelasan mengenai kerangka kerja sistem dapat dilihat dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Optimasi penggunaan *Bandwidth*

3.3. Aturan Fuzzy Optimasi Penggunaan Bandwidth

Pada pembentukan aturan *fuzzy* dengan metode Sugeno dengan data yaitu terdiri dari lokasi gedung hari dan waktu kapasitas *bandwidth* yang terpakai pada setiap gedung data yang digunakan yaitu data pengguna *bandwidth* selama 3 bulan. Proses pembentukan aturan *fuzzy* berfungsi untuk membuat *rule base* yang digunakan untuk acuan dalam pembuatan logika pada program aplikasi yang akan dibuat. Metode inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah metode Sugeno orde nol karena pada metode ini anteseden dipresentasikan dengan proposisi dalam himpunan *fuzzy*, sedangkan konsekuen direpresentasikan dengan sebuah konstanta. Berikut ini contoh *rule base* yang digunakan untuk optimasi penggunaan *bandwidth* jaringan komputer.

IF Gedung Kuliah And hari And waktu THEN Bandwidth Terpakai

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil

Aplikasi sistem optimasi penggunaan *bandwidth* jaringan komputer di Politeknik Negeri Sriwijaya menggunakan sistem pakar *fuzzy* dengan metode Sugeno dengan bahasa pemrograman Visual basic 2010, telah berhasil dibuat. Tampilan halaman aplikasi sistem optimasi penggunaan *bandwidth* telah sesuai dengan desain dan perancangan antarmuka yang ditunjukkan pada Gambar-Gambar sebagai berikut:

1. Menu Utama

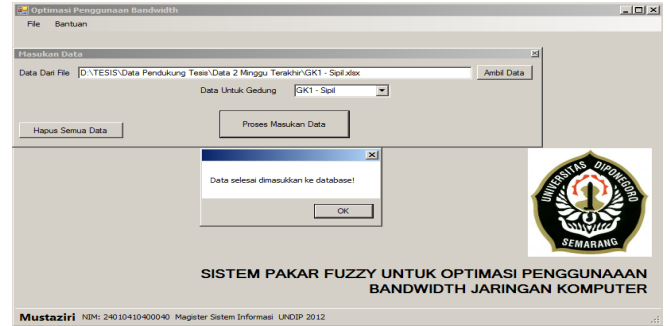


Gambar 3. Menu Utama

Pada jendela *menu* utama terdapat beberapa pilihan item yang dapat digunakan, yaitu masukan data, lihat data

masuk, membuat *rule*, pengujian dan keluar yang berfungsi untuk keluar dari program aplikasi ini. Sehingga mempermudah penggunaan aplikasi ini dengan klik salah satu item maka akan keluar jendela yang di klik tadi.

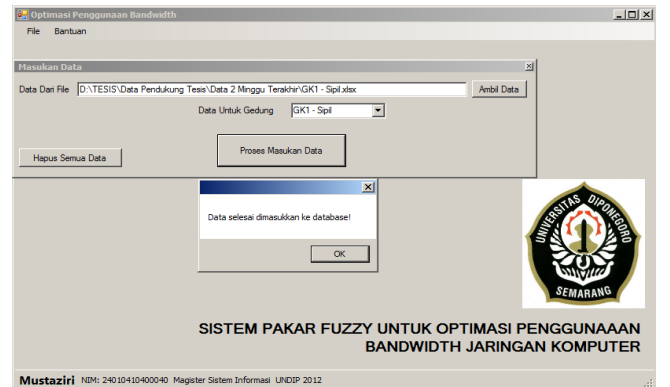
2. Menu Masukan Data



Gambar 4. Menu Masukan Data

Pada jendela *menu* utama terdapat beberapa pilihan item yang dapat digunakan, yaitu masukan data, lihat data masuk, membuat *rule*, pengujian dan keluar yang berfungsi untuk keluar dari program aplikasi ini. Sehingga mempermudah penggunaan aplikasi ini dengan klik salah satu item maka akan keluar jendela yang di klik tadi.

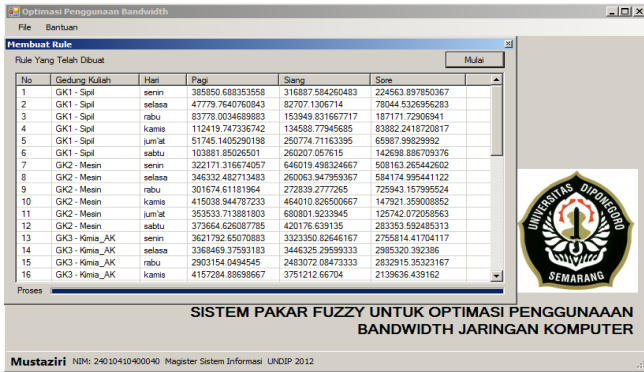
3. Menu Masukan Data



Gambar 5. Menu Masukan Data

Menu Masukan Data berfungsi untuk memasukan atau mengambil data dari direktori tempat penyimpanan data dengan cara klik tombol di sebelah kanan data dari file yaitu tombol “ambil data “ pada menu masukan data maka akan langsung diarahkan ke direktori tempat menyimpan data, data masih dalam format *Microsoft excel* kemudian pilih data yang akan dimasukan ke data *base* yaitu *my sql*, lalu pilih data dari gedung mana yang akan dimasukan ke data *base* dengan memilih nama gedung, selanjutnya tekan tombol “proses masukan data” yang berfungsi memulai proses memasukan data, tunggu beberapa saat sampai proses memasukan data selesai, apabila data telah selesai maka akan muncul jendela informasi yang memberitahukan bahwa data telah selesai dimasukan ke *data base*. Untuk lebih jelas mengenai menu masukan data dapat dilihat pada Gambar 5.

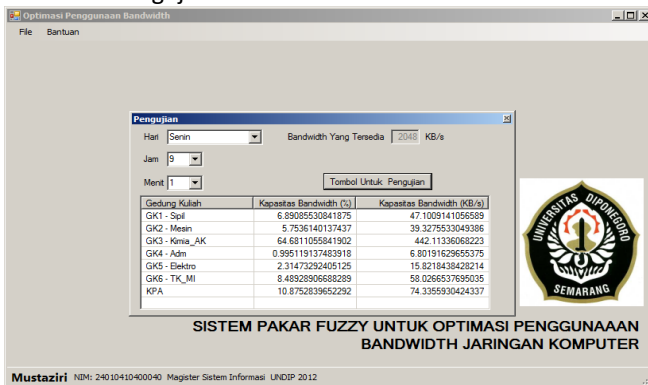
4. Menu Membuat Rule



Gambar 6. Menu Membuat Rule

Menu Membuat Rule seperti pada Gambar 4.4 adalah proses pembuatan rule pada data yang telah dimasukan ke data base my sql, data yang belum di kelompokkan maka dengan membuat rule, data akan di kelompokkan berdasarkan hari yaitu dari hari senin sampai sabtu berdasarkan waktu pagi, siang dan sore dan terdapat gedung kuliah yaitu GK1 Sipil, GK2 Mesin, GK3 Kimia/AK, GK4 Adm, GK5 Elektro dan GK6 TK/MI, dan terdapat juga no, yaitu urutan hasil proses pembuatan rule yang dengan metode Sugeno yang berfungsi sebagai acuan algoritma pembuatan program yang akan mendapatkan keluaran yaitu informasi kapasitas bandwidth, untuk memulai membuat rule klik tombol “mulai” pada menu membuat rule kemudian akan terlihat proses pembuatan rule ditandai warna biru bergerak ke kanan tunggu sampai selesai itu bearti proses pembuatan rule telah selesai dan hasilnya seperti pada Gambar 6.

5. Menu Pengujian



Gambar 7. Menu Pengujian

Menu berikutnya adalah menu Pengujian, pada menu pengujian terdapat informasi hari saat pengujian, jam dan menit saat pengujian yang disesuaikan dengan format waktu yang pada BIOS laptop yang dipakai saat melakukan pengujian. Pada menu pengujian juga terdapat informasi bandwidth yang tersedia. Untuk memulai porses pengujian dengan klik “tombol untuk pengujian” maka akan terlihat hasil pengujian yaitu berupa lokasi gedung kuliah, jumlah bandwidth yang terpakai dalam format absolute dan persentase (kb/s), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Proses Pemasukan Data ke Fuzzy

Data yang digunakan untuk optimasi penggunaan bandwidth adalah data historis pengguna bandwidth jaringan komputer selama 3 bulan yang akan digunakan untuk input sistem fuzzy, Data yang digunakan untuk proses input data adalah data bulan Januari sampai Maret 2012 mulai jam 7.00 sampai jam 19.00 kemudian data kelompokkan berdasarkan waktu yaitu Pagi, Siang dan Sore.

Proses pengelompokan data dibuat menggunakan rule base yang menjadi telah dibahas pada bab sebelumnya. Pembuatan rule base berdasarkan algoritma fuzzy dengan metode Sugeno, begitu juga dengan pengelompokan data yang berfungsi sebagai input yang akan digunakan oleh proses fuzzy. Berikut ini contoh data input pada tabel 4.1 yaitu data selama satu minggu yaitu dari tanggal 9 Januari sampai 14 Januari 2012.

Tabel 1. Data input fuzzy pada GK1 Sipil

Tanggal/Jam	Bandwith(bit/s)	Tanggal/Jam	Bandwith(bit/s)
4/23/2012 7:00	448.3329	4/26/2012 7:00	102139.1
4/23/2012 9:00	1774963	4/26/2012 9:00	415307.8
4/23/2012 11:00	452394.3	4/26/2012 11:00	47595.8
4/23/2012 13:00	286427.2	4/26/2012 13:00	25632.17
4/23/2012 15:00	284031.5	4/26/2012 15:00	3780.052
4/23/2012 17:00	244904.8	4/26/2012 17:00	107479
4/23/2012 19:00	673540.6	4/26/2012 19:00	2051.657
4/24/2012 7:00	454.539	4/27/2012 7:00	1032.217
4/24/2012 9:00	32206.51	4/27/2012 9:00	148136.1
4/24/2012 11:00	121685.9	4/27/2012 11:00	68277.34
4/24/2012 13:00	70645.77	4/27/2012 13:00	839376.6
4/24/2012 15:00	110529.9	4/27/2012 15:00	473738.2
4/24/2012 17:00	168078.6	4/27/2012 17:00	2772.86
4/24/2012 19:00	140952	4/27/2012 19:00	4742.743
4/25/2012 7:00	457.3873	4/28/2012 7:00	449.7551
4/25/2012 9:00	253074.1	4/28/2012 9:00	182242.8
4/25/2012 11:00	148909.2	4/28/2012 11:00	375359
4/25/2012 13:00	124019.7	4/28/2012 13:00	72722.92
4/25/2012 15:00	248676.9	4/28/2012 15:00	1113160
4/25/2012 17:00	291626.2	4/28/2012 17:00	1183.651
4/25/2012 19:00	225729.4	4/28/2012 19:00	236088.9

Kemudian data akan dikelompokkan berdasarkan hari yaitu senin sampai sabtu dan berdasarkan waktu yaitu Pagi dari jam 7.00 sampai jam 10.00 Siang dari jam 11.00 sampai jam 13.00 dan Sore dari jam 14.00 sampai jam 19.00 serta berdasarkan gedung yaitu, G KPA, GK1 Sipil GK2 Mesin GK3 Kimia/AK GK4 Adm GK5 Elektro dan GK6 TK/MI. Berikut ini contoh data yang telah di kelompokkan sebagai data input untuk proses fuzzy, data untuk satu minggu padaG KPA seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Pengelompokan data untuk input *fuzzy*

Gedung	Hari	Waktu	Bandwidth(KB/s)
GK1 Sipil	Senin	Pagi	460079
		Siang	316887.6
		Sore	224563.9
	Selasa	Pagi	39737.63
		Siang	82707.13
		Sore	78044.53
	Rabu	Pagi	68729.87
		Siang	153949.8
		Sore	187171.7
	Kamis	Pagi	149437.5
		Siang	134588.8
		Sore	83882.24
	Jumat	Pagi	37752.27
		Siang	250774.7
		Sore	65988
	Sabtu	Pagi	61983.04
		Siang	260207.1
		Sore	142698.9

Setelah pengelompokan data berikutnya adalah memasukan data ke proses *fuzzy* untuk membuat *rule* yang berfungsi untuk aturan yang akan digunakan dan keluarannya berupa informasi kapasitas *bandwidth* yang digunakan pada setiap gedung kuliah.

4.3 Pengujian

Pengujian data penggunaan *bandwidth* dari tanggal 5 Januari sampai tanggal 31 Maret 2012 dilakukan dengan cara memasukan data melalui *form* masukan data kemudian data dikelompokkan menjadi hari yaitu senin sampai sabtu dan waktu pagi siang sore setelah itu data masuk ke data *base my sql* lalu dilakukan pembuatan *rule* lalu baru dilakukan pengujian. *Output* dari hasil pengujian aplikasi sistem optimasi pengguna *bandwidth* terdiri hari pengujian jam pengujian menit pengujian serta *bandwidth* yang tersedia dan tombol untuk memulai pengujian, apabila tombol untuk memulai pengujian di klik maka hasil yang diperoleh adalah data hasil pengujian yaitu informasi pemakaian *bandwidth* terdiri dari lokasi yaitu gedung kuliah serta jumlah *bandwidth* yang terpakai, seperti pada tabel 3 sampai tabel 20.

Tabel 3. Hasil pengujian Hari Senin Pagi

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	6.6438	46.1105
GK2 - Mesin	6.2257	43.9784
GK3 - Kimia AK	62.9828	437.8273
GK4 - Adm	1.0995	7.7900
GK5 - Elektro	2.3884	16.7545
GK6 - TK MI	8.8666	62.3108
KPA	11.7928	83.3288

Tabel 4. Hasil pengujian Hari Senin Siang

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	6.8908	47.1009
GK2 - Mesin	5.7536	39.3275
GK3 - Kimia AK	64.68118	442.1133
GK4 - Adm	0.9951	6.80197
GK5 - Elektro	2.31474	15.8218
GK6 - TK MI	8.48927	58.0266
KPA	10.87527	74.3355

Tabel 5. Hasil pengujian Hari Senin Sore

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	3.9862	31.1692
GK2 - Mesin	8.6622	67.6410
GK3 - Kimia AK	46.0686	359.496
GK4 - Adm	0.9901	7.8405
GK5 - Elektro	6.4073	49.4261
GK6 - TK MI	9.2012	72.0375
KPA	24.6840	191.4530

Tabel 6. Hasil pengujian Hari Selasa Pagi

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	0.4778	5.8324
GK2 - Mesin	3.4640	42.2769
GK3 - Kimia AK	33.6913	411.1901
GK4 - Adm	1.7884	21.8278
GK5 - Elektro	1.9723	24.0714
GK6 - TK MI	4.0269	49.1478
KPA	54.5789	666.1142

Tabel 7. Hasil pengujian Hari Selasa Siang

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	1.1370	10.0960
GK2 - Mesin	3.5753	31.7460
GK3 - Kimia AK	47.3801	420.6940
GK4 - Adm	3.9725	35.2729
GK5 - Elektro	4.0843	36.2654
GK6 - TK MI	9.9662	88.4914
KPA	29.8842	265.3455

Tabel 8. Hasil pengujian Hari Selasa Sore

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	0.6721	9.5269
GK2 - Mesin	5.0314	71.3104
GK3 - Kimia AK	25.7121	364.4189
GK4 - Adm	0.2242	3.1779
GK5 - Elektro	35.9693	509.7933
GK6 - TK MI	2.4033	34.0624
KPA	29.9872	425.0100

Tabel 9. Hasil pengujian Hari Rabu Pagi

Gedung	Jumlah bandwidth (%)	Jumlah bandwidth (KB)
GK1 - Sipil	1.5039	7.5196
GK2 - Mesin	6.3340	31.6701
GK3 - Kimia AK	66.9012	334.5062
GK4 - Adm	1.1880	5.94
GK5 - Elektro	3.5921	17.9605
GK6 - TK MI	5.6392	28.196
KPA	14.8414	74.2072

Tabel 10. Hasil pengujian Hari Rabu Siang

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	2.0802	18.7927
GK2 - Mesin	3.6868	33.3055
GK3 - Kimia AK	33.5533	303.1093
GK4 - Adm	2.2772	20.5719
GK5 - Elektro	8.1844	73.9352
GK6 - TK MI	22.9676	207.4815
KPA	27.2502	246.1697

Tabel 11. Hasil pengujian Hari Rabu Sore

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	2.5903	22.8481
GK2 - Mesin	10.0467	88.6161
GK3 - Kimia AK	39.2063	345.8148
GK4 - Adm	0.2051	1.80931
GK5 - Elektro	0.6866	6.0565
GK6 - TK MI	2.7347	24.1217
KPA	44.5299	392.771

Tabel 12. Hasil pengujian Hari Kamis Pagi

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	0.9406	13.7231
GK2 - Mesin	3.4726	50.6639
GK3 - Kimia AK	34.7843	507.4810
GK4 - Adm	51.3819	749.6291
GK5 - Elektro	0.9336	13.6210
GK6 - TK MI	2.5526	37.2416
KPA	5.9341	86.5746

Tabel 13. Hasil pengujian Hari Kamis Siang

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	1.2579	16.4292
GK2 - Mesin	4.3368	56.6419
GK3 - Kimia AK	35.0605	457.91175
GK4 - Adm	0.4070	5.3166
GK5 - Elektro	3.2130	41.9646
GK6 - TK MI	4.0786	53.2694
KPA	51.6458	674.5247

Tabel 14. Hasil pengujian Hari Kamis Sore

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	1.5965	10.2395
GK2 - Mesin	2.8154	18.0568
GK3 - Kimia AK	40.7252	261.1860
GK4 - Adm	0.4078	2.615375
GK5 - Elektro	5.3914	34.5773
GK6 - TK MI	2.9291	18.7854
KPA	46.1343	295.8763

Tabel 15. Hasil pengujian Hari Jumat Pagi

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	0.5815	6.3165
GK2 - Mesin	3.9731	43.1559
GK3 - Kimia AK	84.6723	919.7083
GK4 - Adm	0.8531	9.2666
GK5 - Elektro	1.8443	20.0333
GK6 - TK MI	2.2857	24.8272
KPA	5.7898	62.8889

Tabel 16. Hasil pengujian Hari Jumat Siang

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	1.3249	30.6121
GK2 - Mesin	3.5970	83.1057
GK3 - Kimia AK	35.1135	811.2537
GK4 - Adm	0.6188	14.2966
GK5 - Elektro	3.0180	69.7291
GK6 - TK MI	2.1530	49.7443
KPA	54.1743	1251.6278

Tabel 17. Hasil pengujian Hari Jumat Sore

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	0.7425	8.0551
GK2 - Mesin	1.41506	15.3493
GK3 - Kimia AK	65.5247	710.7844
GK4 - Adm	19.7728	214.4873
GK5 - Elektro	4.0123	43.5238
GK6 - TK MI	1.9204	20.8325
KPA	6.6120	71.7243

Tabel 18. Hasil pengujian Hari Sabtu Pagi

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	1.2391	12.6808
GK2 - Mesin	4.4572	45.6133
GK3 - Kimia AK	44.1019	451.3190
GK4 - Adm	1.7260	17.6640
GK5 - Elektro	3.3229	34.0058
GK6 - TK MI	38.7673	396.7264
KPA	6.3852	65.3435

Tabel 19. Hasil pengujian Hari Sabtu Siang

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	6.6387	31.7635
GK2 - Mesin	10.7200	51.2910
GK3 - Kimia AK	33.5182	160.3709
GK4 - Adm	15.8758	75.959
GK5 - Elektro	14.77963	70.7146
GK6 - TK MI	3.85004	18.4208
KPA	14.6173	69.9381

Tabel 20. Hasil pengujian Hari Sabtu Sore

Gedung	Kapasitas Bandwidth (%)	Kapasitas Bandwidth (KB/s)
GK1 - Sipil	2.6333	17.4192
GK2 - Mesin	5.2290	34.5890
GK3 - Kimia AK	56.7741	375.5483
GK4 - Adm	0.7197	4.7606
GK5 - Elektro	7.9839	52.8118
GK6 - TK MI	5.4616	36.1274
KPA	21.1981	140.2207

4.3.1 Analisa Hasil Pengujian Optimasi penggunaan Bandwidth

Hasil pengujian data kebutuhan *bandwidth* selama 3 bulan dari bulan Januari sampai bulan Maret 2012 dan di kelompokkan berdasarkan hari yaitu hari senin sampai sabtu dan berdasarkan waktu yaitu pagi siang dan sore . Sedangkan data aktual untuk data verifikasi yaitu data pengguna *bandwidth* selama dua minggu terakhir yaitu data dari tanggal 22 April sampai tanggal 5 Mei 2012 seperti tabel 21 sampai dengan tabel 38.

Tabel 21. Data Hasil Verifikasi Hari Senin Pagi

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
SENIN	GK1 SIPIL	46.1105	47.1009	2.1027
	GK2 MESIN	43.9784	39.3276	11.826
	GK3 KIMIA/AK	437.8273	442.113	0.9694
	GK4 ADM	7.79	6.80192	14.527
	GK5 ELEKTRO	16.7545	15.8218	5.8947
	GK6 TK/MI	62.3108	58.0267	7.3831
	G KPA	83.3288	74.3356	12.098
Rata-rata				7.8287

Tabel 22. Data Hasil Verifikasi Hari Senin Siang

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
SENIN	GK1 SIPIL	47.1009	38.6826	21.763
	GK2 MESIN	39.3275	78.8598	50.13
	GK3 KIMIA/AK	442.1133	405.682	8.9801
	GK4 ADM	6.8019	15.2014	55.255
	GK5 ELEKTRO	15.8218	23.7503	33.383
	GK6 TK/MI	58.0266	94.4421	38.559
	G KPA	74.3355	150.778	50.699
Rata-rata				36.967

Tabel 23. Data Hasil Verifikasi Hari Senin Sore

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
SENIN	GK1 SIPIL	31.1692	27.4126	13.704
	GK2 MESIN	67.641	62.0316	9.0427
	GK3 KIMIA/AK	359.4962427	336.403	6.8647
	GK4 ADM	7.84055	375.548	97.912
	GK5 ELEKTRO	49.4261	62.2641	20.619
	GK6 TK/MI	72.0375	60.8353	18.414
	G KPA	191.453	211.79	9.6026
Rata-rata				25.166

Tabel 28. Data Hasil Verifikasi Hari Rabu Siang

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
RABU	GK1 SIPIL	18.7927	18.7927	2E-05
	GK2 MESIN	33.3055	33.3056	0.0002
	GK3 KIMIA/AK	303.1093	303.109	3E-05
	GK4 ADM	20.5719	20.5719	0.0001
	GK5 ELEKTRO	73.9352	73.9352	1E-05
	GK6 TK/MI	207.4815	207.482	4E-05
	G KPA	246.1697	246.17	3E-05
Rata-rata				7E-05

Tabel 24. Data Hasil Verifikasi Hari Selasa Pagi

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
SELASA	GK1 SIPIL	5.8324	5.832491	0.0016
	GK2 MESIN	42.2769	42.27691	3E-05
	GK3 KIMIA/AK	411.1901	411.1901	2E-06
	GK4 ADM	21.8278	21.82784	0.0002
	GK5 ELEKTRO	24.0714	24.07146	0.0002
	GK6 TK/MI	49.1478	49.14786	0.0001
	G KPA	666.1142	666.1143	1E-05
Rata-rata				0.0003

Tabel 29. Data Hasil Verifikasi Hari Rabu Sore

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
RABU	GK1 SIPIL	22.8481	22.8481	5E-05
	GK2 MESIN	88.6161	88.6161	9E-06
	GK3 KIMIA/AK	345.8148	345.815	2E-05
	GK4 ADM	1.8093	1.80935	0.003
	GK5 ELEKTRO	6.0565	6.05651	0.0002
	GK6 TK/MI	24.1217	24.1217	0.0001
	G KPA	392.7716	392.772	7E-06
Rata-rata				0.0005

Tabel 25. Data Hasil Verifikasi Hari Selasa Siang

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
SELASA	GK1 SIPIL	10.096	10.09609	0.0008
	GK2 MESIN	31.746	31.74609	0.0003
	GK3 KIMIA/AK	420.694	420.694	1E-06
	GK4 ADM	35.2729	35.27299	0.0003
	GK5 ELEKTRO	36.2654	36.26543	9E-05
	GK6 TK/MI	88.4914	88.49145	6E-05
	G KPA	265.3455	265.3456	2E-05
Rata-rata				0.0002

Tabel 30. Data Hasil Verifikasi Hari Kamis Pagi

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
KAMIS	GK1 SIPIL	13.7231	13.7231	1E-04
	GK2 MESIN	50.6639	50.6639	7E-05
	GK3 KIMIA/AK	507.481	507.481	1E-05
	GK4 ADM	749.6291	749.629	8E-06
	GK5 ELEKTRO	13.621	13.6211	0.0004
	GK6 TK/MI	37.2416	37.2416	9E-05
	G KPA	86.5746	86.5747	8E-05
Rata-rata				0.0001

Tabel 26. Data Hasil Verifikasi Hari Selasa Sore

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
SELASA	GK1 SIPIL	9.5269	9.52692	0.0002
	GK2 MESIN	71.3104	71.31042	3E-05
	GK3 KIMIA/AK	364.4189	364.419	3E-05
	GK4 ADM	3.1779	3.177952	0.0016
	GK5 ELEKTRO	509.7933	509.7934	2E-05
	GK6 TK/MI	34.0624	34.06249	0.0003
	G KPA	425.01	425.01	1E-05
Rata-rata				0.0003

Tabel 31. Data Hasil Verifikasi Hari Kamis Siang

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
KAMIS	GK1 SIPIL	16.4292	16.4293	0.0006
	GK2 MESIN	56.6419	56.6419	8E-05
	GK3 KIMIA/AK	457.9117	457.912	6E-07
	GK4 ADM	5.3166	5.31663	0.0005
	GK5 ELEKTRO	41.9646	41.9647	0.0002
	GK6 TK/MI	53.2694	53.2694	1E-05
	G KPA	674.5247	674.525	1E-05
Rata-rata				0.0002

Tabel 27. Data Hasil Verifikasi Hari Rabu Pagi

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
RABU	GK1 SIPIL	7.5196	10.2268	26.472
	GK2 MESIN	31.6701	36.8255	14
	GK3 KIMIA/AK	334.5062	354.389	5.6104
	GK4 ADM	5.94	18.0772	67.141
	GK5 ELEKTRO	17.9605	44.7366	59.853
	GK6 TK/MI	28.196	200.58	85.943
	G KPA	74.2072	207.63	64.26
Rata-rata				46.183

Tabel 32. Data Hasil Verifikasi Hari Kamis Sore

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
KAMIS	GK1 SIPIL	10.2395	10.2395	0.0003
	GK2 MESIN	18.0568	18.0568	4E-05
	GK3 KIMIA/AK	261.186	261.186	3E-05
	GK4 ADM	2.6153	2.61538	0.0029
	GK5 ELEKTRO	34.5773	34.5773	5E-05
	GK6 TK/MI	18.7854	18.7854	0.0002
	G KPA	295.8763	295.876	9E-06
Rata-rata				0.0005

Tabel 33. Data Hasil Verifikasi Hari Jumat Pagi

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
JUMAT	GK1 SIPIL	6.3165	6.31655	0.0007
	GK2 MESIN	43.1559	43.156	0.0002
	GK3 KIMIA/AK	919.7083	919.708	0
	GK4 ADM	9.2666	9.70793	4.5461
	GK5 ELEKTRO	20.0333	20.0333	0.0001
	GK6 TK/MI	24.8272	24.8273	0.0004
	G KPA	62.8889	62.8889	6E-05
Rata-rata				0.6496

Tabel 34. Data Hasil Verifikasi Hari Jumat Siang

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
JUMAT	GK1 SIPIL	30.6121	30.6121	0.0002
	GK2 MESIN	83.1057	83.1057	4E-06
	GK3 KIMIA/AK	811.2537	811.254	7E-06
	GK4 ADM	14.2966	14.2966	0.0002
	GK5 ELEKTRO	69.7291	69.7292	0.0001
	GK6 TK/MI	49.7443	49.7444	0.0002
	G KPA	1251.6278	1251.63	1E-06
Rata-rata				9E-05

Tabel 35. Data Hasil Verifikasi Hari Jumat Sore

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
JUMAT	GK1 SIPIL	8.0551	8.05518	0.0009
	GK2 MESIN	15.3493	15.3494	0.0005
	GK3 KIMIA/AK	710.7844	710.784	8E-06
	GK4 ADM	214.4873	214.487	3E-05
	GK5 ELEKTRO	43.5238	43.5239	0.0002
	GK6 TK/MI	20.8325	20.8325	0.0001
	G KPA	71.7243	71.7243	7E-05
Rata-rata				0.0003

Tabel 36. Data Hasil Verifikasi Hari Sabtu Pagi

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
SABTU	GK1 SIPIL	12.6808	12.6809	0.0007
	GK2 MESIN	45.6133	45.6134	0.0001
	GK3 KIMIA/AK	451.319	451.319	1E-05
	GK4 ADM	17.664	17.664	0.0002
	GK5 ELEKTRO	34.0058	34.0058	6E-06
	GK6 TK/MI	396.7264	396.726	2E-05
	G KPA	65.3435	65.3436	8E-05
Rata-rata				0.0002

Tabel 37. Data Hasil Verifikasi Hari Sabtu Siang

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
SABTU	GK1 SIPIL	31.7635	31.7636	0.0002
	GK2 MESIN	51.291	51.2911	0.0002
	GK3 KIMIA/AK	160.3709	160.371	4E-05
	GK4 ADM	75.9593	75.9594	9E-05
	GK5 ELEKTRO	70.7146	70.7146	4E-05
	GK6 TK/MI	18.4208	18.4208	9E-05
	G KPA	69.9381	69.9382	8E-05
Rata-rata				1E-04

Tabel 38. Data Hasil Verifikasi Hari Sabtu Sore

HARI	LOKASI	DATA PREDIKSI DENGAN FUZZY	DATA AKTUAL	MAPE
SABTU	GK1 SIPIL	17.4192	17.4193	0.0006
	GK2 MESIN	34.589	34.5891	0.0002
	GK3 KIMIA/AK	375.5483	375.548	2E-05
	GK4 ADM	4.7606	4.76068	0.0016
	GK5 ELEKTRO	52.8118	52.8118	2E-05
	GK6 TK/MI	36.1274	36.1275	0.0001
	G KPA	140.2207	140.221	5E-05
Rata-rata				0.0004

Pada penelitian ini di peroleh kesalahan rata-rata MAPE (*Means Absolute Percentage Error*) didapat dari data pada tabel 4.20 sampai dengan tabel 4.37 yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata MAPE} &= \\
 &7,8287+36,967+25,166+0,0003+0,0002 \\
 &+ \\
 &+0,0003+46,183+7E- \\
 &05+0,0005+0,0001+ \\
 &+0,0002+0,0005+0,6496+9E- \\
 &05+0,093+ \\
 &0,1063+0,1214+0,1387+6.5142 \\
 &=117,255 \\
 \text{.Total MAPE} &= \frac{117,225}{18} \\
 &= 6,5142 \%
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung kesalahan rata-rata MAPE menggunakan persamaan (2). Dengan kesalahan rata-rata 6,5142 % maka hasil simulasi dapat diterima secara memuaskan.

5. Kesimpulan

Penelitian ini, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

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 *bandwith* pada setiap gedung kuliah.

6. Saran

Berdasarkan hasil penelitian berupa sistem informasi optimasi penggunaan *bandwidth* dengan metode sistem pakar *fuzzy* dapat digunakan sebagai acuan untuk penentuan kebutuhan *bandwidth* sehingga dapat dimanfaatkan oleh administrator jaringan atau Kepala Bagian IT untuk menentukan berapa besar *bandwith* untuk setiap gedungnya, sehingga dapat menyewa *bandwith* sesuai kebutuhan.

Daftar Pustaka

- Agus, F., Suyatno, A. dan Supianto, 2010. Optimalisasi manajemen bandwidth pada jaringan intranet Universitas Mulawarman. *Jurnal Informatika Mulawarman*, 5: 27-35.
- Andrew, S., 1997. *Jaringan Komputer Edisi Bahasa Indonesia Jilid I*, Jakarta : Prenhallindo.
- Fiengo, Giovanni, G., Edmondo, T., 2007. Neural-based downlink scheduling algorithm for broadband wireless networks. *Computer Communications*, 30: 207–218.
- Foster, I. and Kesselman, C., 2003. *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*, Second edition, California: Morgan Kaufman.
- Hany, I., Fahmy and Christos, D., 1999. Applications of hybrid fuzzy expert systems in computer networks design. *IEEE Proceedings*, 4: 1–22.
- Hartati, S. dan Iswanti, S., 2008. *Sistem Pakar dan Pengembangannya*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Hirin, A.M., 2011, *Belajar Tuntas VB.Net 2010*, Jakarta : Prestasi Pustaka.
- Jumingan, 2009. *Studi Kelayakan Bisnis, Teori dan Proposal Kelayakan*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Keleş, A., 2008. ESTDD: Expert system for thyroid diseases diagnosis. *Expert Systems with Applications*, 34: 242–246.
- Nandi, B., Vasarhelyi, M.A. and Ahn, J.H., 1998. Network demand model and global Internet traffic forecasting, Jae-Hyeon Ahn, K, 12: 1–22.
- Romano, F., Giovanni, G., 2002. A Fuzzy Logic-based Resource Management Scheme for High-quality Broadband Wireless Access Systems, SSGRR, Vol. 2002W Page 21–27.
- Oktafri, 2001. *Aplikasi Metode Simulasi Monte Carlo Untuk Menduga Debit Aliran Sungai*, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, 15: 72–79.
- Santoso, L.W., Intan, R., Sugianto, F., 2008. Implementasi Fuzzy Expert System Untuk Analisa Penyakit Dalam Pada Manusia. Yogyakarta : Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI 2008).
- Kusumadewi, S., Hari, P., 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta, Graha Ilmu.
- Trimantaraningsih, R., Muarifah, 2008. Implementasi Mikrotik Sebagai Manajemen Bandwidth, FTI AKPRIND, 1: 283–295.
- Yaxin, C., Victor, O.K., Li, F., 2001. Scheduling Algorithms in Broad-Band Wireless Networks. *IEEE PROCEEDINGS*, 89: 77–87.