



**PENENTUAN STATUS KUALITAS SAMBUNGAN FIBER
OPTIK DENGAN PARAMETER *LOSS* DAN *QUALITY OF
SERVICE* MENGGUNAKAN METODE *FUZZY***

SIKRIPSI

Oleh :

Angga Budi Setiawan

NIM 141910201011

**PROGRAM STUDI STRATA 1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Skripsi ini merupakan sebuah pencapaian awal sebelum melangkah ke pencapaian selanjutnya. Dengan penuh rasa bangga dan terimakasih saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Kedua orang tua saya, ayahanda almarhum Supriadi dan ibunda Suliana tercinta yang telah membesarkan, mendidik, dan memberikan begitu banyak semangat serta kasih sayang yang begitu besar juga telah memberikan doa yang tiada henti hentinya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dan mendapatkan gelar ini, seluruh pencapaian ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya.
2. Dosen pembimbing utama Bapak Catur Suko Sarwono S.T.,M.Si. serta bapak pembimbing anggota Bapak Andrita Ceriana Eska S.T.,M.T. atas kesabarannya membimbing saya hingga menyelesaikan Skripsi ini.
3. Guru-guru sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi atas ilmu yang telah diberikan dengan ketulusan.
4. Almamater Fakultas teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”

(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6-8)¹



¹ Departemen Agama RI. 2005. *Al-qur'an dan Terjemahannya Al-Jumanatul Ali*. Bandung: CV Jumanatul Ali Art (J-ART).

PERNYATAAN

saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Angga Budi Setiawan

NIM : 141910201011

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah saya yang berjudul “Penentuan Status Kualitas Sambungan Fiber Optik dengan Parameter *Loss* dan *Quality Of Service* Metode *Fuzzy*” adalah benar benar hasil karya sendiri , kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan yang telah saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, September 2019

Yang menyatakan,

Angga Budi Setiawan

NIM 141910201011

SIKRIPSI

**PENENTUAN STATUS KUALITAS SAMBUNGAN FIBER OPTIK
DENGAN PARAMETER *LOSS* DAN *QUALITY OF SERVICE* METODE
*FUZZY***

Oleh :

Angga Budi Setiawan

NIM 141910201011

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota: Andrita Ceriana Eska, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penentuan Status Kualitas Sambungan Fiber Optik dengan Parameter *Loss* dan *Quality Of Service* Menggunakan Metode *Fuzzy*” karya Angga Budi Setiawan telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 21 Oktober 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Anggota I,

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.
NIP 196801191997021001

Andrita Ceriana Eska, S.T., M.T.
NIP 760014640

Anggota II,

Anggota III,

Widya Cahyadi, S.T., M.T.
NIP 198511102014041001

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP 198405312008121004

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

Penentuan Status Kualitas Sambungan Fiber Optik dengan Parameter *Loss* dan *Quality Of Service* Metode *Fuzzy*; Angga Budi Setiawan; 2019; 63 Halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kualitas Jaringan fiber optik ditentukan oleh kualitas saat melakukan instalasi. Dalam suatu instalasi kabel fiber optik tidak bisa lepas dari proses penyambungan. Ketika sambungan fiber optik memiliki kualitas bagus maka performa jaringan tersebut akan juga bagus, namun bila kualitas sambungan buruk maka akan muncul suatu gangguan seperti lambat pada jaringan internet..

Penelitian ini bertujuan untuk mempermudah pengerjaan jaringan fiber optik dalam mengetahui kualitas suatu sambungan. Penelitian ini menggunakan metode fuzzy. *Fuzzy* berperan untuk mengolah data berdasarkan parameter input. Parameter input yang digunakan ialah redaman dan *Quality of Service*. Pada metode *fuzzy* variabel yang digunakan ialah redaman dan *Quality of Service*. Himpunan variabel redaman ialah kategori kecil normal dan besar. Sedangkan himpunan variabel *Quality of Service* ialah sangat bagus, bagus, sedang, jelek. Sehingga akan didapatkan output dari metode ini yaitu kualitas fiber optik berupa nilai 0%-100%. Penelitian ini inferensi *fuzzy* menggunakan metode mamdani. Metode Mamdani dikenal juga sebagai metode min-max yaitu dengan mencari nilai minimum dari setiap aturan dan nilai maksimum dari gabungan suatu konsekuensi aturan tersebut.

Hasil dari penelitian ini ialah mengetahui status kualitas sambungan fiber optik. Ketika redaman 17,25 dB dan *Quality of Service* berindeks 4 maka nilai kualitas sambungannya 92 (sangat bagus). Ketika redaman 30,13 dB dan *Quality of Service* berindeks 4 maka nilai kualitas sambungannya 64,5 (bagus). Ketika redaman 36,29 dB dan *Quality of Service* berindeks 1 maka nilai kualitas sambungannya 9,82 (sangat jelek).

PRAKATA

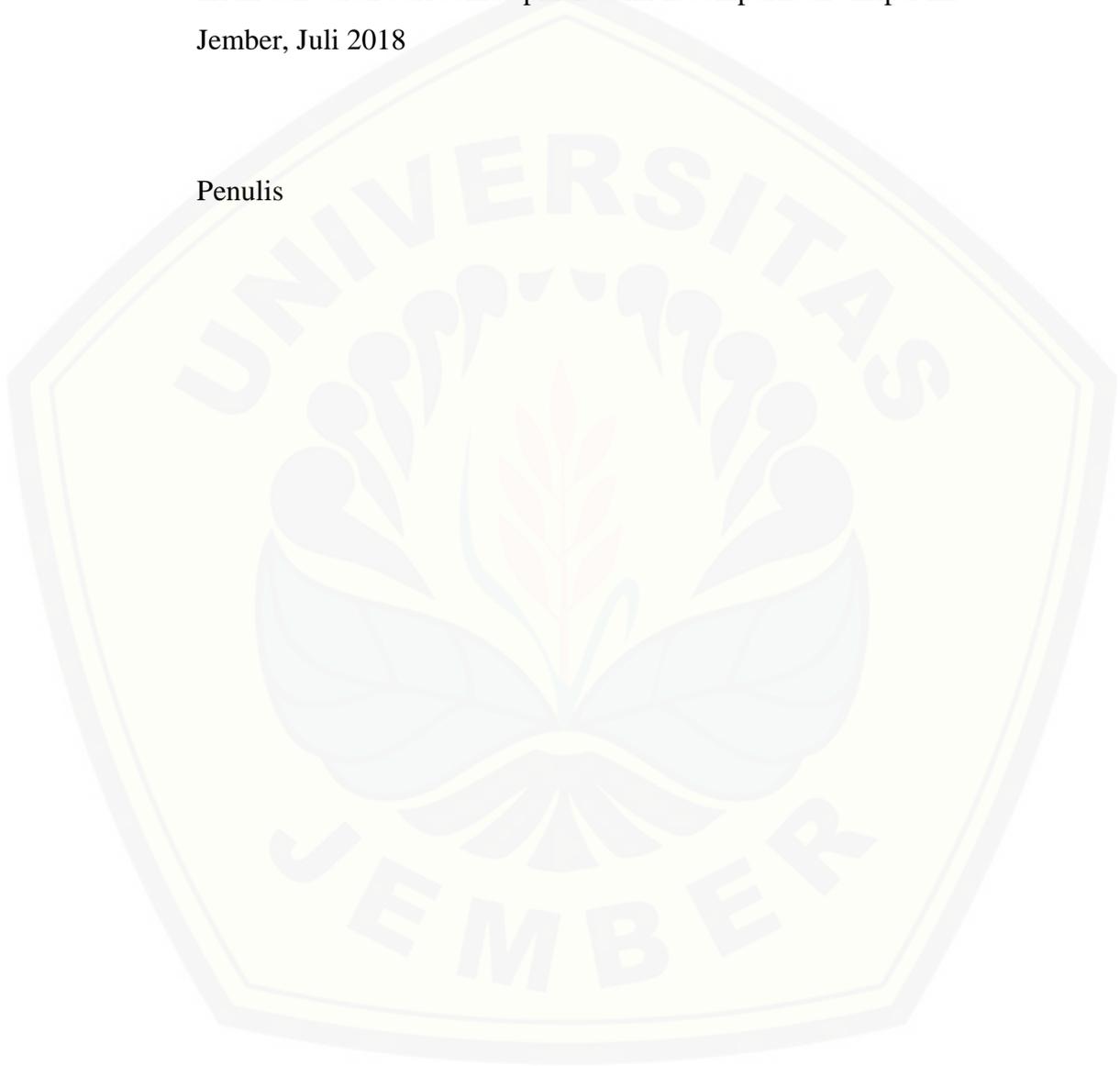
Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya untuk dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Penentuan Status Kualitas Sambungan Fiber Optik dengan Parameter *Loss* dan *Quality Of Service* Metode *Fuzzy*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik universitas Jember.
2. Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku ketua jurusan teknik Elektro Universitas Jember.
3. Selaku ketua program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Catur Suko Sarwono, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik selama penulis menjadi mahasiswa, Andrita Ceriana Eska S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota.
5. Widya Cahyadi S.T., M.T. selaku penguji 1 dan Dodi Setiabudi S.T., M.T. selaku penguji 2.
6. Seluruh dosen, staf, karyawan civitas akademik Fakultas Teknik Universitas Jember.
7. HRD Telkom Akses witel Jember yang telah membantu dalam pengambilan data serta memberikan informasi kepada penulis.
8. Teman-teman jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
9. Kakak saya Lisa Mei Wardani, S.E., MM yang selalu memberi motivasi untuk mengerjakan tugas akhir ini.

10. Evhi Nur Imamah yang memberi motivasi dan membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
 11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini
- Jember, Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Cara Kerja Serat Optik.....	6
2.2 Penyambungan Serat Optik.....	7
2.3 Penyambungan Serat Optik menggunakan <i>fusion splicer</i>	9
2.4 Rugi penyambungan <i>splicing loss</i>	9
2.5 <i>Fiber To The Home (FTTH)</i>	10
2.6 <i>Gigabit Passive Optical Network (GPON)</i>	10
2.7 Pengukuran rugi menggunakan <i>Optical Power Meter (OPM)</i>	12
2.8 <i>Quality of Service (QoS)</i>	13
2.9 Metode <i>Fuzzy</i>	14
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Flowchart Penelitian	25
3.2 Flowchart Pengambilan data	26
3.3 Flowchart metode <i>Fuzzy</i>	29

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Parameter redaman	36
4.2 Parameter <i>Quality of Service</i>	37
4.2.1 Data Hasil pengukuran menggunakan <i>wireshark</i>	37
4.2.2 Perhitungan <i>Quality of Service</i>	40
4.3 Penentuan status kualitas sambungan metode fuzzy	44
4.3.1 Perhitungan nilai kualitas sambungan dengan menggunakan metode mamdani dalam logika fuzzy	44
4.3.2 Penentuan nilai kualitas sambungan dengan menggunakan Matlab	58
BAB 5. PENUTUP	61
4.1 Kesimpulan	61
4.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR GAMBAR

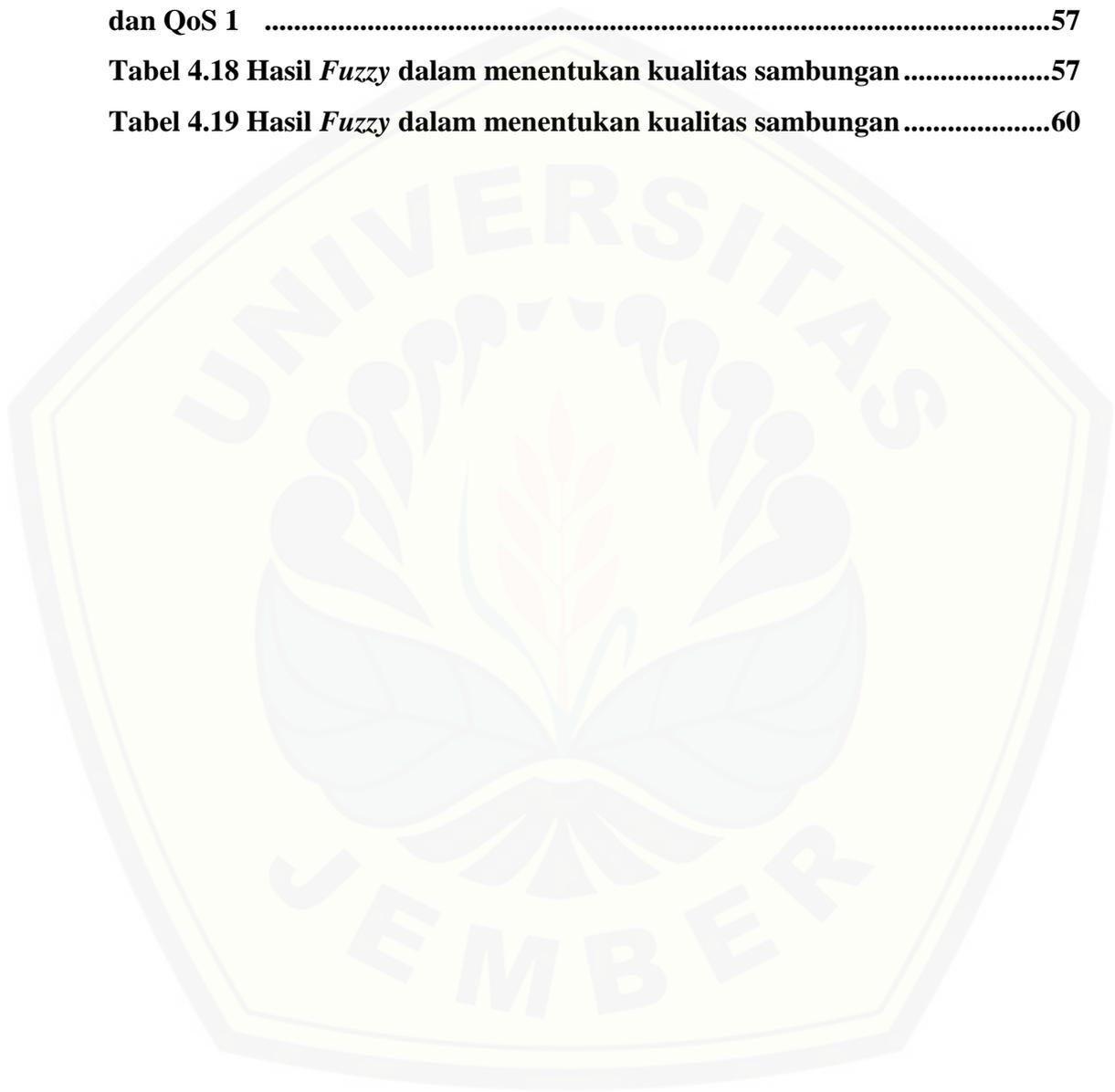
	Halaman
Gambar 2.1 Pemandu gelombang plat dielektrik	6
Gambar 2.2 Cara Kerja Fiber Optik	7
Gambar 2.3 Perambatan Cahaya pada Serat Optik	7
Gambar 2.4 Performansi Serat Optik.....	9
Gambar 2.5 Jaringan <i>Fiber To The Home</i>	10
Gambar 2.6 Arsitektur GPON.....	11
Gambar 2.7 Aplikasi Penggunaan GPON dan standar ITU T G984	11
Gambar 2.8 Konfigurasi Optical Power Meter	12
Gambar 2.9 Skema metode <i>Fuzzy</i>	15
Gambar 2.10 Perbandingan logika tegas dan logika <i>fuzzy</i>	16
Gambar 2.11 Representasi Linear Naik.....	18
Gambar 2.12 Representasi Kurva Segitiga	18
Gambar 2.13 Representasi Kurva Trapesium.....	19
Gambar 2.14 Daerah Bahu pada Variabel Suhu	20
Gambar 2.15 Tahapan Sistem Berbasis Aturan <i>Fuzzy</i>	21
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	25
Gambar 3.2 Konfigurasi Pengambilan Data	26
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Pengambilan Data	27
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Metode <i>Fuzzy</i>	28
Gambar 3.5 Skema metode <i>Fuzzy</i>	29
Gambar 3.6 Himpunan <i>Fuzzy</i> Redaman.....	30
Gambar 3.7 Himpunan <i>Fuzzy Quality of Service</i>	31
Gambar 3.8 Himpunan Kualitas Sambungan.....	32
Gambar 4.1 Hasil Pengukuran QoS 14,38 dB	38
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran QoS 17,25 dB.....	38
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran QoS 24,01 dB	38
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran QoS 25,20 dB	39

Gambar 4.5 Hasil Pengukuran QoS 28,10 dB	39
Gambar 4.6 Hasil Pengukuran QoS 30,13 dB	39
Gambar 4.7 Hasil Pengukuran QoS 38,18 dB	39
Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan untuk Redaman 17,25 dB	44
Gambar 4.9 Fungsi Keanggotaan untuk QoS 4	45
Gambar 4.10 Fungsi Keanggotaan untuk Redaman 24,01 dB	47
Gambar 4.11 Fungsi Keanggotaan untuk QoS 4	48
Gambar 4.12 Fungsi Keanggotaan untuk Redaman 25,20 dB	50
Gambar 4.13 Fungsi Keanggotaan untuk QoS 4	50
Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan untuk Redaman 28,60 dB	52
Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan untuk QoS 4	52
Gambar 4.16 Fungsi Keanggotaan untuk Redaman 30,13 dB	54
Gambar 4.17 Fungsi Keanggotaan untuk QoS 3,6	54
Gambar 4.18 Fungsi Keanggotaan untuk Redaman 36,29 dB	56
Gambar 4.19 Fungsi Keanggotaan untuk QoS 1	56
Gambar 4.20 Hasil Logika <i>Fuzzy</i> dengan Input Redaman 17,25 dB dan QoS 4	58
Gambar 4.21 Hasil Logika <i>Fuzzy</i> dengan Input Redaman 17,25 dB dan QoS 4	58
Gambar 4.22 Hasil Logika <i>Fuzzy</i> dengan Input Redaman 25,20 dB dan QoS 4	58
Gambar 4.23 Hasil Logika <i>Fuzzy</i> dengan Input Redaman 28,60 dB dan QoS 4	59
Gambar 4.24 Hasil Logika <i>Fuzzy</i> dengan Input Redaman 30,13 dB dan QoS 3,6	59
Gambar 4.25 Hasil Logika <i>Fuzzy</i> dengan Input Redaman 36,29 dB dan QoS 1	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Indeks Parameter Redaman.....	12
Tabel 2.2 Indeks Parameter <i>Quality Of Service</i>	13
Tabel 2.3 Kategori Delay	13
Tabel 2.4 Kategori <i>Throughput</i>	14
Tabel 2,5 Kategori <i>Packet Loss</i>	14
Tabel 3.1 Semesta Pembicaraan untuk Setiap Variabel <i>Fuzzy</i>	29
Tabel 3.2 Himpunan <i>Fuzzy</i>	30
Tabel 3.3 Aturan-aturan dalam Penentuan Status Sambungan	34
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Parameter Redaman	36
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter QoS	38
Tabel 4.3 Data <i>Quality Of Service</i> pada <i>Software Wireshark</i>	42
Tabel 4.4 <i>Indeks Parameter Quality Of Service</i> pada Redaman 14,38 dB	42
Tabel 4.5 <i>Indeks Parameter Quality Of Service</i> pada Redaman 17,25dB	42
Tabel 4.6 <i>Indeks Parameter Quality Of Service</i> pada Redaman 24,10 dB	42
Tabel 4.7 <i>Indeks Parameter Quality Of Service</i> pada Redaman 25,20 dB	43
Tabel 4.8 <i>Indeks Parameter Quality Of Service</i> pada Redaman 28,10 dB	43
Tabel 4.9 <i>Indeks Parameter Quality Of Service</i> pada Redaman 30,13 dB	43
Tabel 4.10 <i>Indeks Parameter Quality Of Service</i> pada Redaman 38,18 dB	43
Tabel 4.11 Tabel Data Parameter Input <i>Fuzzy</i>	44
Tabel 4.12 Aplikasi Fungsi Implikasi untuk Redaman 17,25 dB dan QoS 4	46
Tabel 4.13 Aplikasi Fungsi Implikasi untuk Redaman 24,01 dB dan QoS 4	49
Tabel 4.14 Aplikasi Fungsi Implikasi untuk Redaman 25,20 dB dan QoS 4	51
Tabel 4.15 Aplikasi Fungsi Implikasi untuk Redaman 28,60 dB dan QoS 4	53

Tabel 4.16 Aplikasi Fungsi Implikasi untuk Redaman 30,13 dB dan QoS 3,6	55
Tabel 4.17 Aplikasi Fungsi Implikasi untuk Redaman 36,29 dB dan QoS 1	57
Tabel 4.18 Hasil <i>Fuzzy</i> dalam menentukan kualitas sambungan	57
Tabel 4.19 Hasil <i>Fuzzy</i> dalam menentukan kualitas sambungan	60



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan saluran komunikasi yang membutuhkan suatu kecepatan, sehingga membuat jaringan serat optik semakin banyak digunakan. Kecepatan transmisi serat optik yang sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi. Serat optik merupakan saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus dan lebih kecil dari sehelai rambut, dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Semakin hari semakin banyak penambahan penggunaan layanan internet. Layanan internet yang paling banyak diminati masyarakat Indonesia adalah layanan internet dari PT. Telkom Indonesia. Pada tanggal 18 maret 2019 menurut Wikipedia PT. Telkom mengklaim sebagai perusahaan telekomunikasi terbesar di Indonesia, dengan jumlah pelanggan telepon tetap sebanyak 15 juta dan pelanggan telepon seluler sebanyak 104 juta. PT. Telkom memiliki layanan internet yang disebut Indihome.

Kualitas Jaringan fiber optik ditentukan oleh kualitas saat melakukan instalasi. Dalam suatu instalasi kabel fiber optik tidak bisa lepas dari proses penyambungan. Ketika sambungan fiber optik memiliki kualitas bagus maka perfoma jaringan tersebut akan juga bagus, namun bila kualitas sambungan buruk maka akan muncul suatu gangguan seperti lambat pada jaringan internet. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas sambungan fiber optik ialah kondisi kebersihan *core*, dan juga kemampuan dari teknisi ketika melakukan proses penyambungan.

Pada PT. Telkom telah mengeluarkan standart nilai redaman sesuai nilai sensitifitas ONT yaitu sebesar 13 dB- 28 dB. Akan tetapi ketika berada di lapangan, ketika nilai redaman melebihi nilai ketentuan yang sudah ditetapkan jaringan tersebut masih dapat digunakan, dalam hal ini berarti jaringan tidak lambat. Namun terkadang jaringan tersebut masih dapat digunakan akan tetapi perfomansi jaringan tersebut agak lemot. Oleh sebab itu, untuk mempermudah pengerjaan jaringan fiber optik tersebut agar akurat dibutuhkan sebuah alat ukur.

Alat ukur tersebut diharapkan bisa menentukan bagus tidaknya dari suatu kualitas sambungan fiber optik yang mempengaruhi jaringan fiber optik tersebut.

Pada jurnal yang berjudul “kontribusi kerugian akibat sambungan pada saluran transmisi serat optik *single mode*” oleh Slamet Riyadi melakukan penelitian tentang rugi-rugi sambungan dan analisa model sambungan untuk jenis serat mode tunggal. Hasil dari penelitian ditemukan cacat pada sambungan yang mengakibatkan kehilangan sebagian energi pada titik sambungan. Penulis memberikan saran seorang teknisi diperlukan kemampuan analisis kualitatif dan kuantitatif dalam proses penyambungan. Pada jurnal yang berjudul “Analisis rugi-rugi serat optik di PT. Icon Regional Sumbagut” oleh Winarni Agil dan Ir. M. Zulfin, rugi penyambungan terjadi karena ketidaksempurnaan dalam penyambungan diantaranya pada saat pemotongan, ketidaksesuaian diameter *core* dan *cladding* serta kesalahan penjajaran sudut pada saat disambungkan sehingga ada berkas cahaya yang tidak diterima seluruhnya pada serat berikutnya yang mengakibatkan terjadinya redaman pada proses penyambungan.

Berdasarkan latar belakang diatas, pada tugas akhir saya ini ingin menganalisis kualitas dari fiber optik yang telah dilakukan suatu penyambungan menggunakan fusion splicer. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *fuzzy*. metode *fuzzy* berperan untuk mengolah data berdasarkan parameter (redaman, *Quality of Service*) untuk mengetahui kualitas sambungan fiber optik tersebut. Metode ini sangat cocok dikarenakan *fuzzy* dapat memetakan suatu ruang input dalam suatu ruang output serta logika *fuzzy* mampu penalaran secara bahasa sehingga dalam suatu perancangannya tidak memerlukan persamaan matematis yang kompleks dari objek yang akan dikendalikan.

Pada PT. Telkom sudah ada cara untuk menentukan sambungan fiber optik yang layak digunakan dalam instalasi jaringan fiber optik yaitu berdasarkan ketetapan nilai redaman. Namun penentuan kualitas fiber optik tersebut menggunakan suatu himpunan *crisp* (tegas). Pada himpunan ini, suatu nilai mempunyai nilai tingkat ke anggotaan satu jika nilai tersebut merupakan anggota dalam himpunan dan nol jika nilai tersebut tidak menjadi anggota himpunan. Dalam hal ini ketika nilai redaman berada pada range nilai ketetapan maka kabel

fiber optik tersebut layak pakai. Namun ketika nilai redaman melebihi nilai ketetapan maka kabel fiber optik tersebut dikatakan tidak layak pakai. Berdasarkan hal itu, maka terkesan sangat kaku. Untuk itu diperlukan adanya metode *fuzzy* untuk mengantisipasi suatu himpunan *crisp*, karena dapat memberikan toleransi terhadap nilai sehingga apabila ada perubahan sedikit pada nilai tidak akan memberikan perbedaan secara signifikan.

Penelitian ini inferensi *fuzzy* menggunakan metode mamdani. Metode Mamdani dikenal juga sebagai metode min-max yaitu dengan mencari nilai minimum dari setiap aturan dan nilai maksimum dari gabungan suatu konsekuensi aturan tersebut. Pada metode *fuzzy* tersebut variabel yang digunakan ialah redaman dan *Quality of Service*. Himpunan variabel redaman ialah kategori kecil normal dan besar. Sedangkan himpunan variabel *Quality of Service* ialah sangat bagus, bagus, sedang, jelek. Sehingga akan didapatkan output dari metode ini yaitu kualitas fiber optik berupa nilai 0%-100%.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana aplikasi metode mamdani dalam logika *fuzzy* untuk menentukan kualitas sambungan fiber optik pada suatu jaringan ?
2. Bagaimana pengaruh penyambungan terhadap jaringan fiber optik ditinjau parameter redaman, dan parameter *Quality Of Service* ?
3. Bagaimana menentukan kualitas sambungan fiber optik menggunakan metode *fuzzy* dengan mempertimbangkan *Quality Of Service* dan redaman?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan Rumusan Masalah diatas didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui aplikasi metode mamdani dalam logika *fuzzy* untuk menentukan kualitas sambungan pada jaringan fiber optik.
2. Mengetahui pengaruh penyambungan terhadap jaringan fiber optik ditinjau parameter *Quality of Service* dan redaman.
3. Merancang dan membuat aplikasi metode mamdani dalam logika *fuzzy* untuk menentukan kualitas jaringan fiber optik dengan memperhatikan pengaruh *delay, jitter* dan redaman.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas agar pembahasan tidak terlalu luas maka diperlukan adanya pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Penyambungan fiber optik *fusion splicer*.
2. Tidak membahas pengukuran partikel debu.
3. Tidak membahas panjang kabel
4. Penelitian ini dilakukan diantara jalur transmisi antara *Optical Distribution Point* dengan rumah pelanggan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini berdasarkan tujuannya adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui aplikasi metode mamdani dalam logika *fuzzy* untuk menentukan kualitas jaringan fiber optik.
2. Dapat mengetahui pengaruh penyambungan terhadap jaringan fiber optik ditinjau parameter *Quality of Service*.
3. Dapat mengetahui pengaruh penyambungan terhadap parameter redaman.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Proposal Tugas Akhir sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, tujuan, rumusan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai teori, konsep dasar, dan prinsip kerja dari metode yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Pada bab ini dibahas tentang metode penelitian yang akan dilakukan untuk penyelesaian tugas akhir ini.

BAB 4. PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang alat pelacak sudut kelengkungan serat optik dan menganalisa hasil dari data yang di peroleh.

BAB 5. PENUTUP

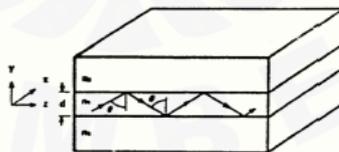
Bab ini berisi kesimpulan akhir dan analisa yang diperoleh serta saran dan harapan untuk pengembangan selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Serat optik merupakan saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus dan lebih kecil dari sehelai rambut, dan dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Sumber cahaya yang digunakan biasanya adalah laser atau *LED*. Kabel ini berdiameter lebih kurang 120 mikrometer. Cahaya yang ada di dalam serat optik tidak keluar karena indeks bias dari kaca lebih besar daripada indeks bias dari udara, karena laser mempunyai spektrum yang sangat sempit. Kecepatan transmisi serat optik sangat tinggi sehingga sangat bagus digunakan sebagai saluran komunikasi.

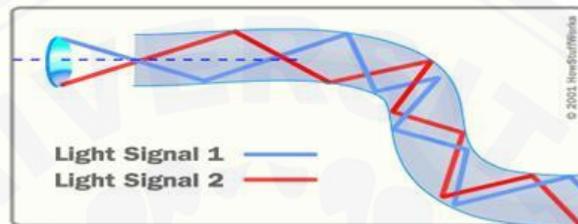
2.1 Cara Kerja Serat Optik

Pada gambar di bawah diperlihatkan pemandu-gelombang plat dielektrik. Gelombang merambat terutama dalam lapisan tengah yang mempunyai indeks bias n_1 . Lapisan ini sangat tipis (kurang dari satu mikrometer), dan biasa disebut film. Film ini diapit oleh lapisan atas dan lapisan bawah yang mempunyai indeks bias n_2 dan n_3 . Cahaya terjebak dalam film oleh pemantulan internal total. Seperti telah dibahas pada bab terdahulu, hal ini dapat terjadi jika n_2 dan n_3 lebih kecil dari n_1 . Dapat dilihat pada gambar 2.1 pemandu gelombang plat dielektrik



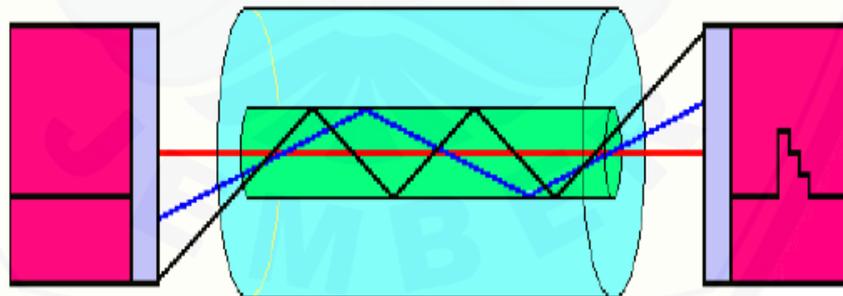
Gambar 2.1 Pemandu-gelombang plat dielektrik dengan $n_1 > n_2$ dan $n_1 > n_3$.
(Daniyati, Wibowo, N, & A , 2011)

Sinar dalam fiber optik berjalan melalui inti dengan secara memantul dari *cladding*, dan hal ini disebut *total internal reflection*, karena *cladding* sama sekali tidak menyerap sinar dari inti. Akan tetapi dikarenakan ketidakmurnian kaca sinyal cahaya akan terdegradasi ketahanan sinyal tergantung pada kemurnian kaca dan panjang gelombang sinyal, dapat dilihat pada gambar 2.2 cara kerja fiber optik.



Gambar 2.2 cara kerja fiber optik. (Daniyati, Wibowo, N, & A, 2011)

Dalam perambatan gelombang fiber optik terdapat sebuah media yang dapat digunakan untuk mengarahkan radiasi gelombang sinyal cahaya sepanjang lintasan. Pada prinsipnya konsep pandu gelombang ini berdasarkan teori hukum Snellius untuk perambatan cahaya pada media transparan, dapat dilihat pada gambar 2.3 perambatan cahaya pada serat optik (Umaternate, Saifuddin, Saman, & N, 2016).



Gambar 2.3 Perambatan cahaya pada serat optik (Umaternate, Saifuddin, Saman, & N, 2016)

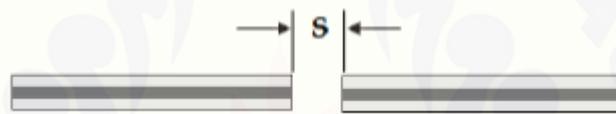
2.2 Penyambungan Serat Optik

Penyambungan serat optik merupakan suatu proses menggabungkan dua ujung serat yang meliputi penggabungan. Penyambungan serat optik adalah

menggabungkan dua ujung serat yang meliputi penggabungan antara inti secara permanen. Sambungan yang ideal adalah bila pada sambungan tersebut terjadi kontinuitas serat sebagai media pemandu.

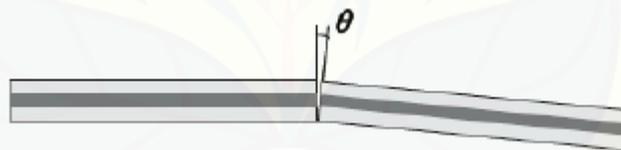
Rugi-rugi penyambungan pada serat timbul akibat adanya ketidaksempurnaan dalam melakukan penyambungan. Perkiraan perhitungan rugi-rugi akibat sambungan pada serat single mode dapat dihitung dengan pendekatan formula seperti yang telah dikemukakan oleh *D.Marcus, 1976*, yang ekspresi pendekatannya dalam bentuk fungsi *Gaussian*, dimana koefisien transmisi (T) dapat dihitung berdasarkan empat faktor utama, dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini (Riyadi & Alaydrus, 2016):

- 1) Terdapat jarak diantara serat



(a)

- 2) Terdapat sudut diantara serat

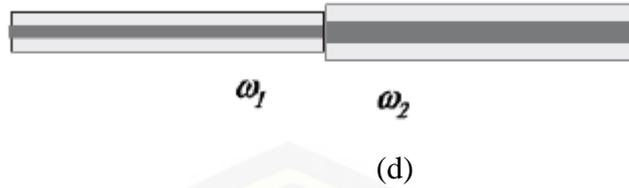


(b)

- 3) Pergeseran *Lateral*



(c)

4) Ketidakseragaman *MFD*

Gambar 2.4 (a) performansi terdapat jarak diantara serat, (b) performansi terdapat sudut diantara serat, (c) performansi pergeseran lateral, (d) performansi ketidakseragaman *Mold Field Diameter* (Riyadi & Alaydrus, 2016)

2.3 Penyambungan serat optik menggunakan *fusion splicer*

Teknik penyambungan serat optik dengan metode penyambungan *Fusi* (*Fusion splicing*) adalah penyambungan serat optik yang dilakukan dengan cara melakukan pemanasan pada ujung sambungan dan menggunakan lelehannya sebagai perekatnya sehingga terbentuk suatu sambungan *continue*. Teknik penyambungan serat optik dengan metode penyambungan fusi (*Fusion splicing*) merupakan suatu teknik penyambungan serat optik untuk menyambung dua fiber secara permanen dan rugi-rugi penyambungan yang didapat kecil karena penyambungan menggunakan suatu alat yaitu *fusion splicer* (Umaternate, Saifuddin, Saman, & N, 2016).

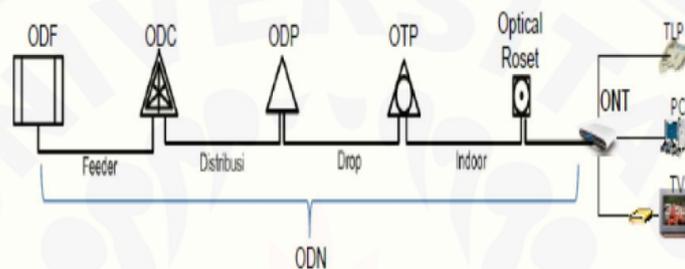
2.4 Rugi penyambungan *splicing loss*

Rugi-rugi ini timbul karena adanya suatu gap antara dua serat optik yang disambungkan sehingga sinar dari bahan serat optik ke serat optik lainnya tidak dapat dirambatkan seluruhnya. Rugi-rugi ini dapat disebabkan oleh ketidaksempurnaan dalam proses penyambungan. Untuk menghitung besarnya rugi-rugi penyambungan [2] lihat persamaan (1.1) berikut,

$$L_{db} = 10 \log P_{out}/P_{in}. \quad (2.1)$$

2.5 Fiber To The Home (FTTH)

Fiber To The Home (FTTH) merupakan suatu rangkaian jaringan fiber optik dari pusat penyedia (*provider*) ke kawasan pelanggan dengan menggunakan fiber optik sebagai media transmisi. Pada jaringan ini ada layanan yang dinamakan *Triple play* yang memiliki tiga layanan dalam satu infrastruktur layanan tersebut yaitu akses internet, jaringan telepon (PSTN), dan video yang merupakan TV kabel yang dinamakan *USeeTV*. (Toago, Alamsyah, & Amir, 2014).

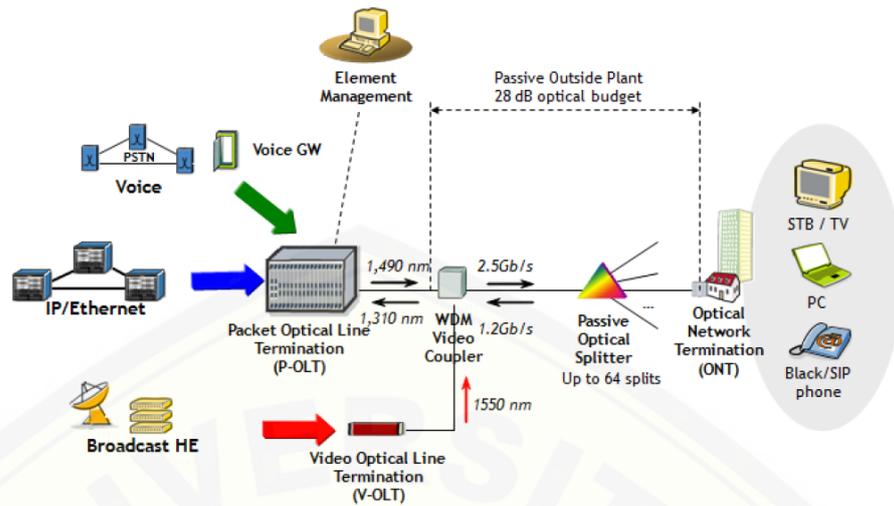


Gambar 2.5 Jaringan *Fiber To The Home* (Atika, Tri Nopiani, & Mulya, 2015)

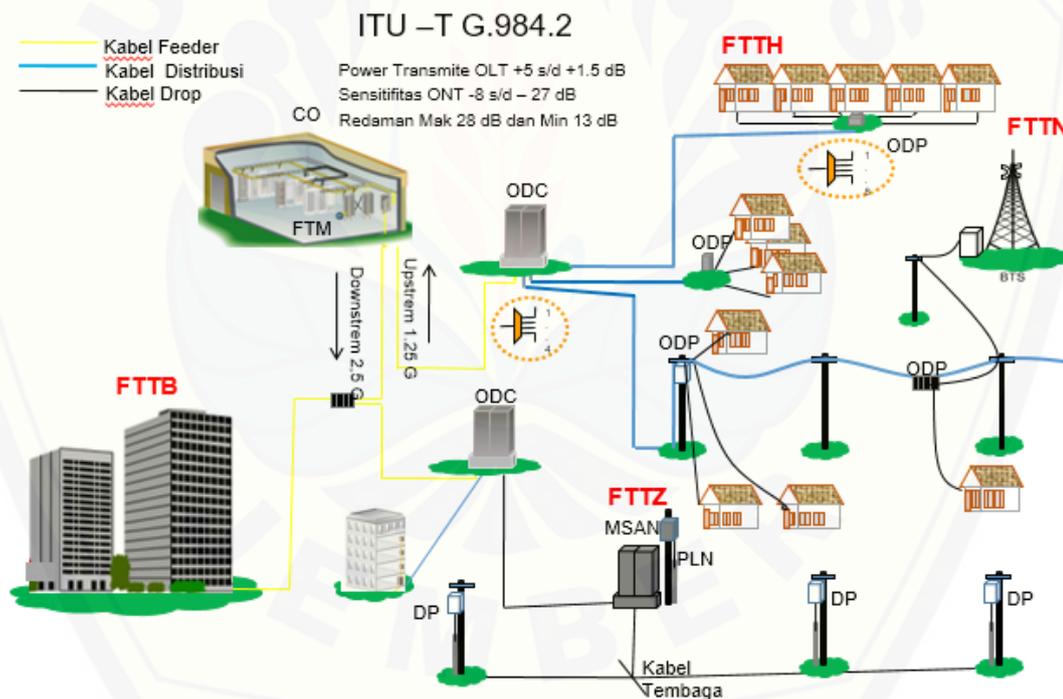
Fiber to the home merupakan jaringan akses fiber yang titik terakhirnya merupakan jaringan akses fiber hingga ke customer. Pada jaringan fiber to the home (FTTH) sudah terkoneksi secara end to end menggunakan jaringan akses fiber (Delano & Astuti, 2017).

2.6 Gigabit Passive Optikal Network (GPON)

GPON merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan oleh ITU-T via G.984 dan hingga kini bersaing dengan GEAPON (*Gigabit Ethernet Passive Optikal Network*), yaitu PON versi IEEE yang berbasis teknologi *Ethernet*. GPON mempunyai dominansi pasar yang lebih tinggi dan *roll out* lebih cepat dibanding penetrasi GEAPON.



Gambar 2.6 Arsitektur GPON (Faruqi & Panjaitan, 2014)



Gambar 2.7 Aplikasi Penggunaan GPON dan standar ITU.T G984 (Delano & Astuti, 2017).

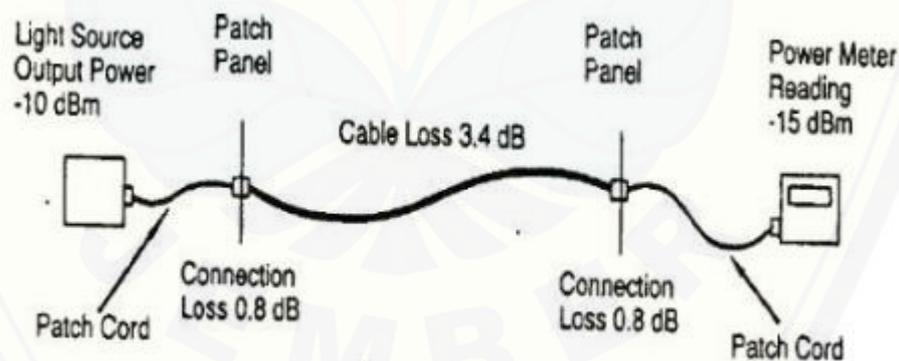
Berdasarkan standar ITU-T G984 diatas, maka redaman yang bernilai 5-20 dB merupakan redaman kecil, redaman 10-25 dB redaman sedang. Sedangkan apabila diatas 15-30 dB dikatakan redaman dengan kategori besar,

Tabel 2.1 Indeks parameter Redaman standar ITU-T G984 (Delano & Astuti, 2017).

Kategori	Nilai (dB)
Kecil	5 – 20
Sedang	10 – 25
Besar	15 - 30

2.7 Pengukuran rugi menggunakan *Optikal Power Meter (OPM)*

OPM merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan dalam sinyal optik. Prinsip pengukuran menggunakan *Optikal Power Meter* digunakan untuk menentukan redaman total saluran kabel serat optik secara akurat. Pada pengukuran ini, harus di sesuaikan panjang gelombangnya.



Gambar 2.8 Konfigurasi *Optikal Power Meter*

2.8 Quality of Service QoS

QoS merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan. QoS mengacu pada suatu komponen jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik .

Tabel 2.2 Indeks parameter *Quality of Service*. (Yohanes, Ike, & Satryo, 2016)

Kategori	Nilai	Indeks
Sangat Memuaskan	3,8 - 4	4
Memuaskan	3 – 3,8	3
Kurang Memuaskan	2 - 3	2
Buruk	1 - 1,99	1

parameter-parameter dari QoS berdasarkan standar TIPHON yaitu

a. *Delay (Latency)*

Delay adalah waktu yang dibutuhkan paket untuk mencapai tujuan, karena adanya antrian, atau mengambil rute yang lain untuk menghindari kemacetan yang di perhatikan pada tabel 2.2 kategori delay dibawah ini (Lubis & Pinem, 2014).

$$\text{Rata-rata delay} = \frac{\text{Total delay}}{\text{total paket diterima}} \quad (2.2)$$

Tabel 2.3 Kategori *delay*..(Pranata, Fibriani, & Utomo, 2016)

Kategori delay	Besar <i>delay</i> (%)	Indeks
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 ms s/d 300 ms	3
Sedang	300 ms s/d 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

b. *Throughput*

Throughput yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps (*bit per second*). Kategori *Throughput* diperlihatkan di Tabel di bawah ini (Lubis, 2014):

$$\%Throughput = \frac{\text{throughput}}{\text{alokasi bandwidth user}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Tabel 2.4 Kategori *throughput*. (Pranata, Fibriani, & Utomo, 2016)

Kategori	<i>Throughput</i> (%)	Indeks
Sangat Bagus	100%	4
Bagus	75%	3
Sedang	50%	2
Jelek	> 25%	1

c. *Packet loss*

packet loss merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang (Lubis & Pinem, 2014).

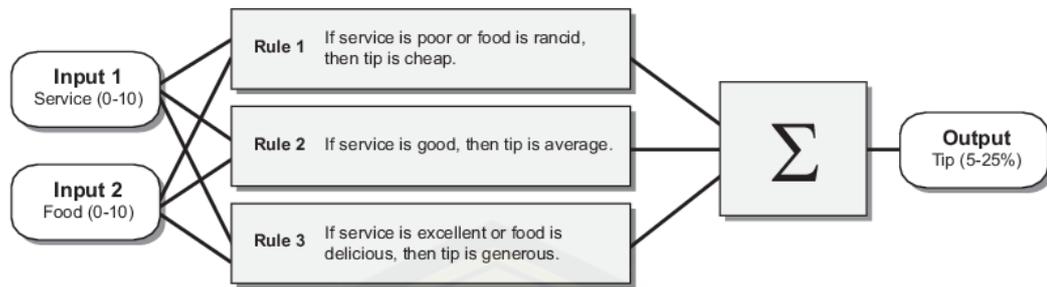
$$\% \text{Paket loss} = \frac{\text{Paket data dikirim} - \text{paket data diterima}}{\text{paket data dikirim}} \times 100\% \quad (2.4)$$

Tabel 2.5 Kategori *packet loss*. (Pranata, Fibriani, & Utomo, 2016)

Kategori	<i>Packet loss</i> (%)	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	3	3
Sedang	15	2
Jelek	25	1

2.9 Metode *Fuzzy*

Sistem *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. L. A. Zadeh dari Berkelay pada tahun 1965. Sistem *fuzzy* merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamis. Dalam logika *fuzzy* terdapat beberapa proses yaitu penentuan himpunan *fuzzy*, penerapan aturan IF THEN dan proses inferensi *fuzzy*. Defuzzifikasi adalah suatu pemetaan dari himpunan *fuzzy* pada ke nilai tegas. Dapat diartikan bahwa Defuzzifikasi merupakan proses transformasi yang menyatakan perubahan bentuk dari himpunan *fuzzy* yang dihasilkan dari inferensi *fuzzy* ke nilai tegasnya (*crisp*) berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan (Prakoso, Andrie.,ST.,MT, & Rahmad.,ST.,M.Kom, 2015)



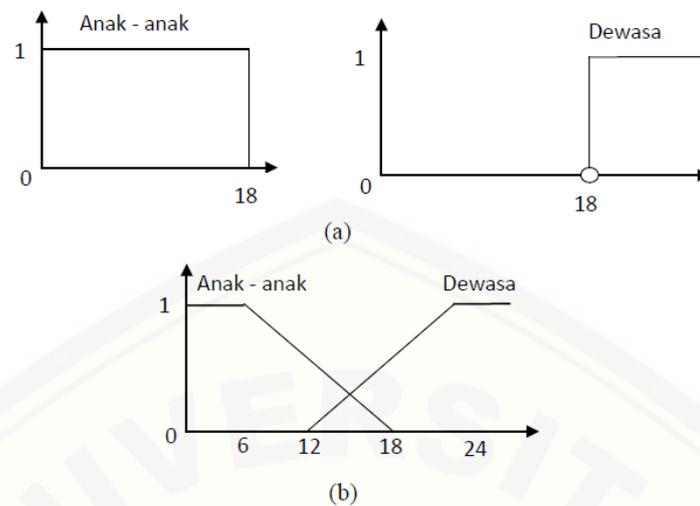
Gambar 2.9 Skema metode *fuzzy*. (Prakoso, Andrie.,ST.,MT, & Rahmad.,ST.,M.Kom, 2015)

Pada teori himpunan *Fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangat penting.

Ada beberapa definisi logika *fuzzy*, diantaranya :

- 1) Logika *fuzzy* adalah logika yang digunakan untuk menjelaskan keambiguan, logika himpunan yang menyelesaikan keambiguan.
- 2) Logika *fuzzy* menyediakan suatu cara untuk merubah pernyataan linguistik menjadi suatu numerik.

Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0. Logika *fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistic), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang *output*. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama. (Sri & Hari, 2010)



Gambar 2.10. Perbandingan contoh (a) logika tegas dan (b) logika *fuzzy* dalam penentuan golongan umur. (Wulandari,2011)

2.9.1 Konsep Himpunan *Fuzzy*

1) Pengertian himpunan *Fuzzy*

Pada himpunan tegas setiap elemen dalam semestanya selalu ditentukan secara tegas apakah elemen itu merupakan anggota himpunan tersebut atau tidak. Tetapi dalam kenyataannya tidak semua himpunan terdefinisi secara tegas. Suatu contoh Himpunan kualitas suatu Jaringan, dalam hal ini tidak dapat dinyatakan dengan tegas karena tidak adanya suatu ukuran yang menyatakan nilai tingkatan dari suatu kualitas jaringan. Sehingga di perlukan Himpunan *Fuzzy* untuk mendefinisikannya, misalkan kualitas jaringan 70% baik.

Menurut Sri Kusumadewi (2004 : 6), himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: LAMBAT, SEDANG, CEPAT.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti: 40, 50, 60, dan sebagainya.

Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

a. Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu system *fuzzy*, seperti: redaman, delay, dan sebagainya.

b. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Variabel redaman terbagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*, yaitu: lambat, sedang, dan cepat.

c. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Sebagai contoh, semesta pembicaraan untuk variabel laju kendaraan adalah $[0,160]$.

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Sebagai contoh, domain dari himpunan *fuzzy* kecepatan adalah sebagai berikut:

LAMBAT : $[0, 80]$

SEDANG : $[20, 140]$

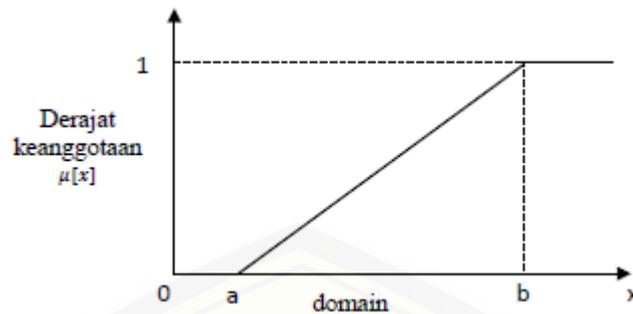
2) Fungsi Keanggotaan

Menurut Kusumadewi (2004 : 8), fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan. diantaranya, yaitu:

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* linear, yaitu linear naik dan linear turun. Representasi himpunan *fuzzy* linear naik seperti yang ditunjukkan pada Gambar



Gambar 2.11. Representasi Linear Naik. (Wulandari,2011)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_{kecil} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 6,75 \\ \frac{18-x}{11,25} & ; 6,75 \leq x \leq 18 \\ 0 & ; x \geq 18 \end{cases}$$

Keterangan:

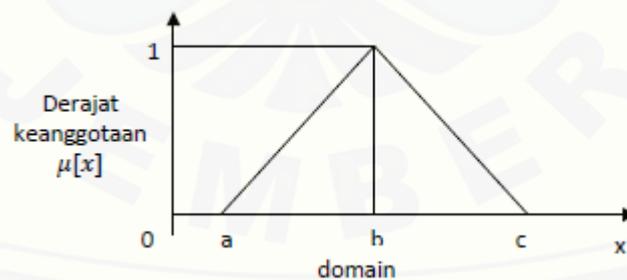
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear) seperti terlihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.12. Representasi Kurva Segitiga. (Wulandari,2011)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_{kecil} = \begin{cases} 1 & ; x \leq 6,75 \\ \frac{18-x}{11,25} & ; 6,75 \leq x \leq 18 \\ 0 & ; x \geq 18 \end{cases}$$

Keterangan:

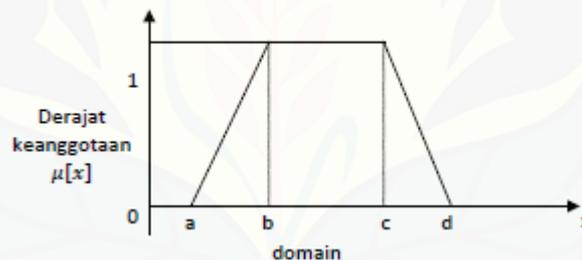
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga karena merupakan gabungan antara dua garis (linear), hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi kurva trapesium ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.13. Representasi Kurva Trapesium. (Wulandari,2011)

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu

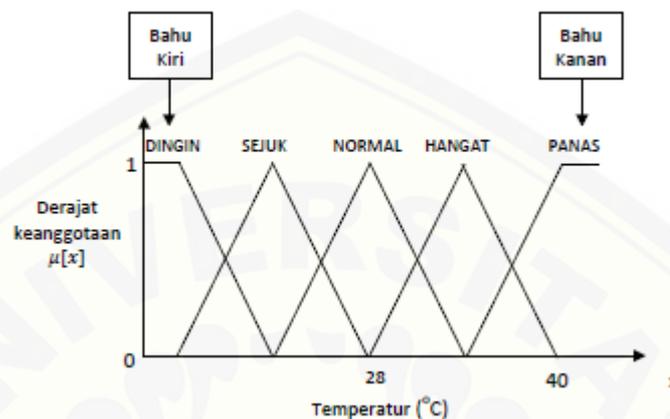
d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

d. Representasi Kurva Bahu

Himpunan *fuzzy* bahu digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bentuk kurva bahu berbeda dengan kurva segitiga, yaitu salah satu sisi pada variabel tersebut mengalami perubahan turun atau naik, sedangkan sisi yang lain tidak mengalami perubahan atau tetap. Bahu kiri bergerak dari

benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.9 menunjukkan variabel TEMPERATUR dengan daerah bahunya.



Gambar 2.14. Daerah bahu pada variabel Suhu. (Wulandari,2011)

3) Operasi Himpunan *Fuzzy*

Seperti halnya himpunan bilangan tegas, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan yang dikenal dengan nama α -predikat. Menurut Wang (1997 : 29), ada tiga operasi dasar dalam himpunan *fuzzy*, yaitu komplemen, irisan (intersection) dan gabungan (union).

a. Komplemen

Operasi komplemen pada himpunan *fuzzy* adalah sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

b. Irisan (*Intersection*)

Operasi irisan (intersection) pada himpunan *fuzzy* adalah sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan - himpunan yang bersangkutan.

$$(A \cap B)(x) = \min [A(x) , B(x)] \quad (2.9)$$

c. Gabungan (*Union*)

Operasi gabungan (*union*) pada himpunan *fuzzy* adalah sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan - himpunan yang bersangkutan.

$$(A \cup B)(x) = \max [A(x) , B(x)] \quad (2.10)$$

2.9.2 Fungsi Implikasi

Tiap – tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

$$IF \ x \text{ is } A \ THEN \ y \text{ is } B \quad (2.11)$$

dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut sebagai anteseden, sedangkan proporsi yang mengikuti *THEN* disebut sebagai konsekuen. Secara umum, ada dua fungsi implikasi yang dapat digunakan, yaitu:

a. Min (minimum)

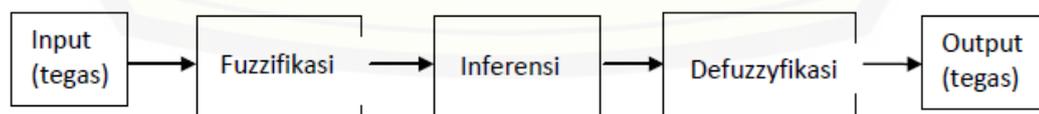
Pengambilan keputusan dengan fungsi min, yaitu dengan cara mencari nilai minimum

b. Dot (*product*)

Pengambilan keputusan dengan fungsi dot yang didasarkan pada aturan ke- i

2.9.3 Sistem Berbasis Aturan *Fuzzy*

Pendekatan logika *fuzzy* diimplementasikan dalam tiga tahapan, yakni:



Gambar 2.15. Tahapan Sistem berbasis aturan *fuzzy*. (Wulandari,2011)

1) *Fuzzyfikasi*

Fuzzyfikasi merupakan fase pertama dari perhitungan *fuzzy*, yaitu mengubah masukan - masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti ke dalam bentuk

fuzzy input yang berupa tingkat keanggotaan / tingkat kebenaran. Dengan demikian, tahap ini mengambil nilai-nilai *crisp* dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.

2) Inferensi

Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy* input dan *fuzzy* rules yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Secara sintaks, suatu *fuzzy* rule (aturan *fuzzy*) dituliskan sebagai berikut: *IF antecedent THEN consequent*

3) Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah *fuzzy output* menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Defuzzifikasi merupakan metode yang penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*.

2.9.4 Sistem Inferensi *Fuzzy*

Salah satu aplikasi logika *fuzzy* yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi *fuzzy* (*Fuzzy Inference System / FIS*), yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IFTHEN*, dan penalaran *fuzzy*. Misalnya dalam penentuan status gizi, produksi barang, sistem pendukung keputusan, penentuan kebutuhan kalori harian, dan sebagainya.

Ada tiga metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang sering digunakan, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Takagi Sugeno. Dalam penelitian ini akan dibahas penentuan status gizi menggunakan metode Mamdani. Sistem ini berfungsi untuk mengambil keputusan melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan logika *fuzzy*. Metode Mamdani sering dikenal dengan nama Metode Min – Max. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan 4 tahapan:

1) Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2) Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3) Komposisi Aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari gabungan antar aturan. Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu max, additive dan probabilitik OR (probor). Pada metode Max solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Pada metode additive, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Sedangkan pada metode probabilitik, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

4) Penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari suatu komposisi aturan–aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

Menurut Kusumadewi (2004 : 44), ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan Mamdani, antara lain:

a) Metode Centroid (Composite Moment)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

b) Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*

c) Metode *Mean of Maksimum* (MOM)

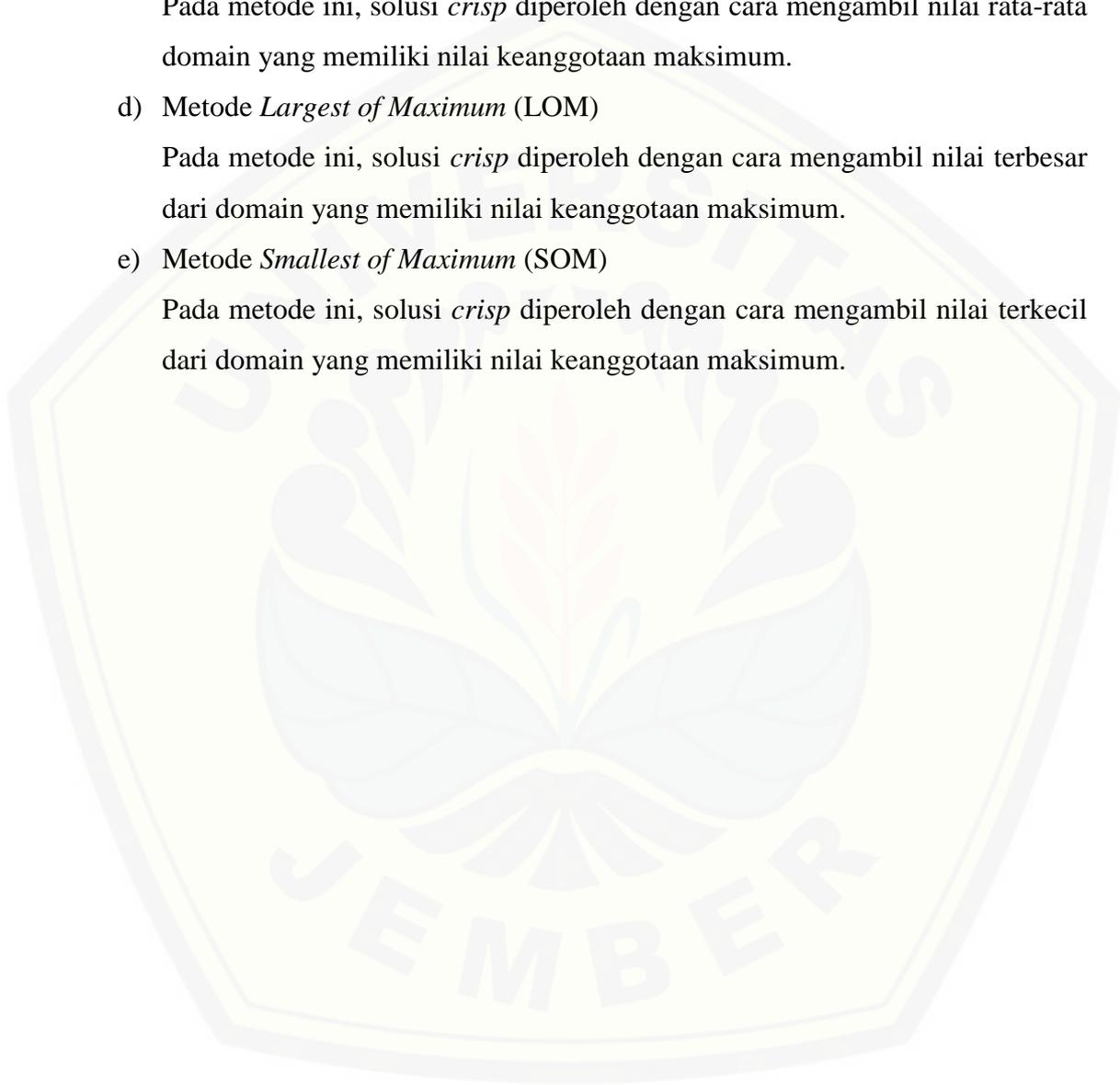
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d) Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e) Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

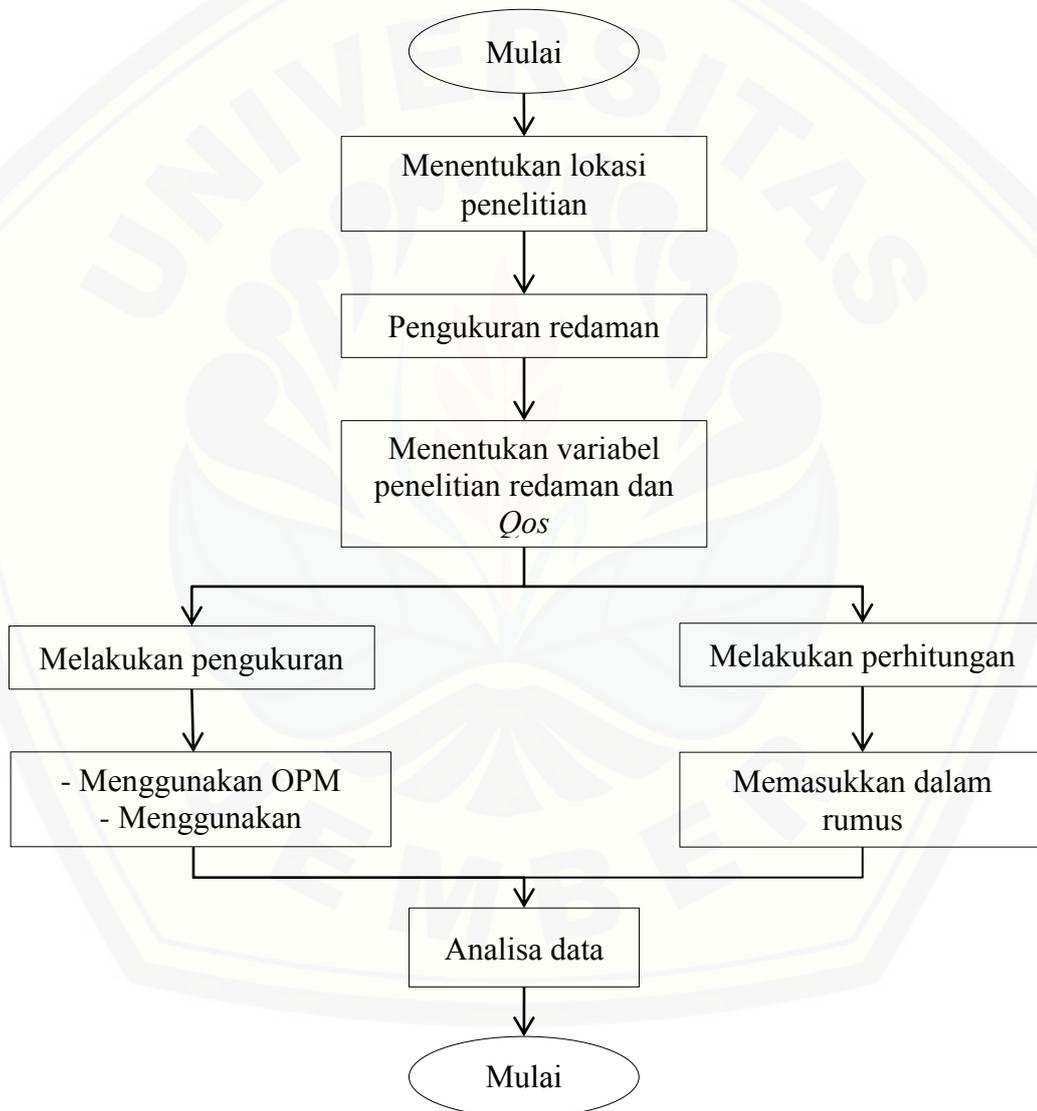
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.



BAB 3. METODE PENELITIAN

Pada bab metode penelitian ini membahas mengenai *block* diagram penelitian, *flowchart* penelitian, pengumpulan data yang terdiri dari perhitungan dan lokasi penelitian.

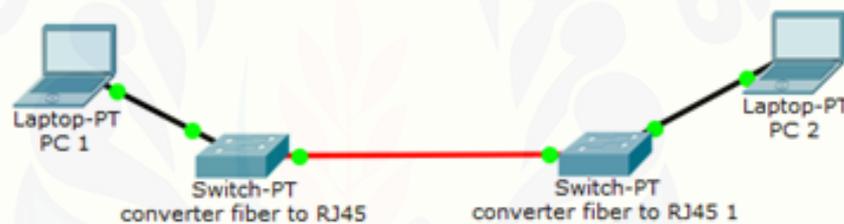
3.1 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

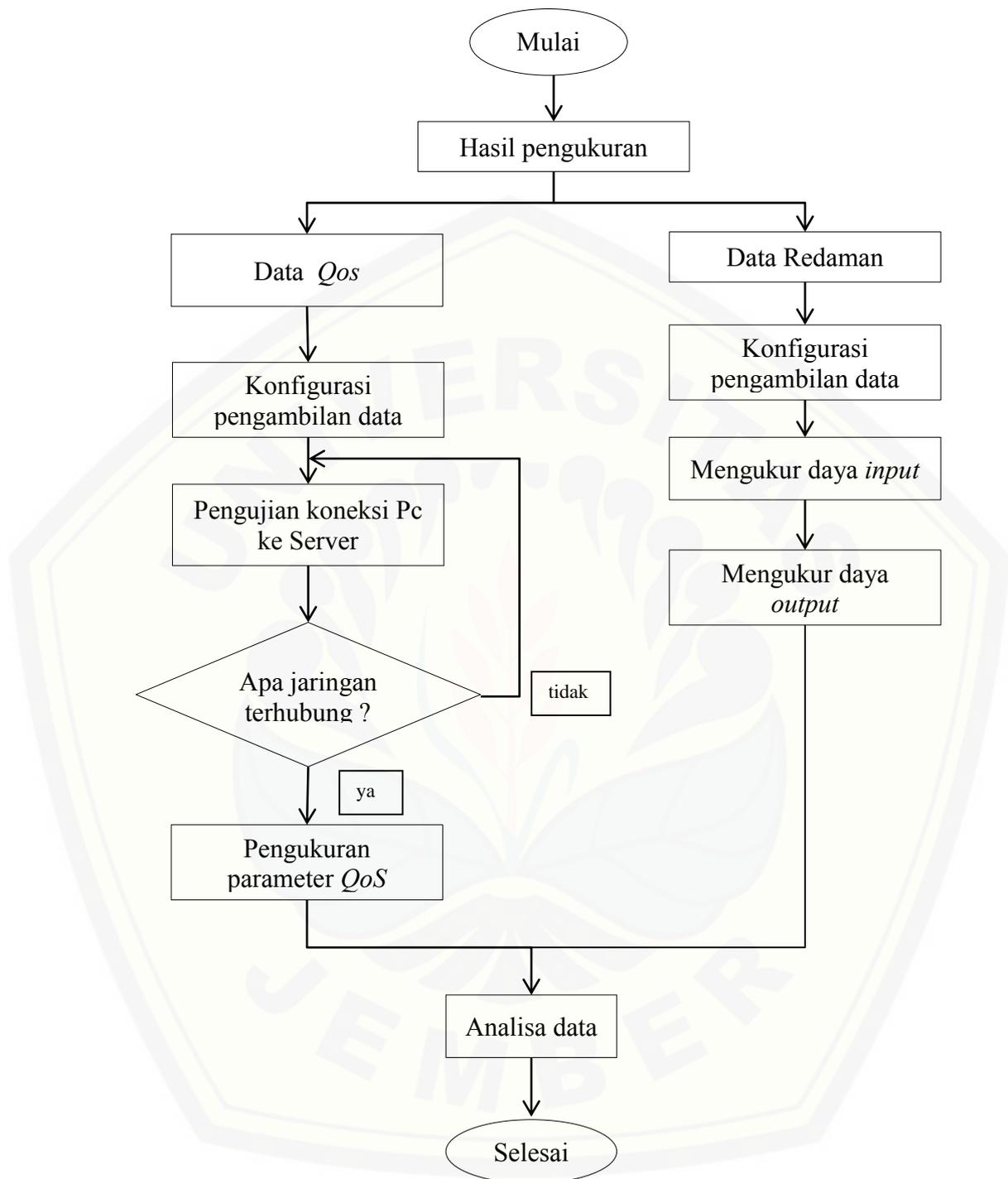
Pada penelitian ini langkah-langkah yang dilakukan seperti pada gambar 3.1 *Flowchart* penelitian. Tahapan pertama yaitu menentukan lokasi yaitu lokasi yang akan dilakukan penyambungan menggunakan *fusion splicer*. Penyambungan fiber ini dilakukan di dalam maupun luar ruangan. Selanjutnya akan dilakukan proses penyambungan dan pengukuran. Kondisi pertama yaitu fiber tanpa penyambungan yang di ukur nilai redamannya dan kecepatan transfer (parameter QoS) , kondisi kedua fiber yang telah dilakukan *splicer* di dalam ruangan, kondisi ketiga fiber yang telah dilakukan di luar ruangan. Langkah yang terakhir yaitu melakukan analisa dari hasil yang didapat pada proses penelitian.

3.2 *Flowchart* Pengambilan data



Gambar 3.2 konfigurasi pengambilan data

Pada gambar Gambar 3.2 konfigurasi pengambilan data merupakan susunan skema untuk proses pengambilan data parameter *Quality of Service*. Penelitian ini untuk pengambilan data parameter *Quality of Service* menggunakan 2 buah PC, 2 buah *converter fiber to RJ45*,kabel LAN dengan konektor RJ45 dan kabel fiber optik.



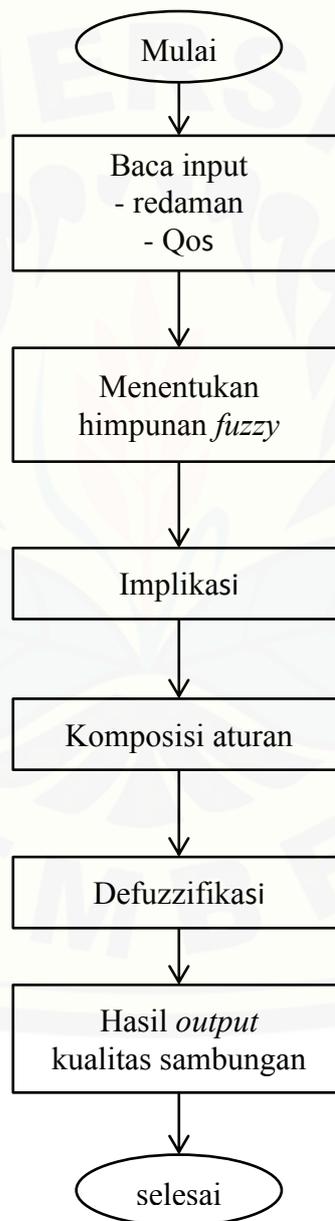
Gambar 3.3 *Flowchart* Pengambilan data

Pada gambar 3.3 flowchart pengambilan data merupakan langkah proses pengambilan data. Data yang diambil terdapat dua parameter yaitu parameter *Quality of Service* dan parameter redaman. Pada parameter *Quality of Service* menggunakan suatu *software wireshark*. Sedangkan pada parameter redaman,

untuk pengukuran daya menggunakan OPM (*Optical Power Meter*). Nilai redaman didapat dari selisih daya *output* dan daya *input*. Daya *input* yaitu berupa daya yang dikeluarkan oleh metro yaitu sebesar 0 dB.

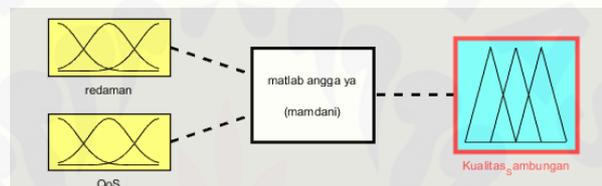
Berdasarkan parameter di atas dengan menggunakan metode *fuzzy*, maka akan didapatkan beberapa kondisi kualitas sambungan fiber optik.

3.3 Flowchart metode *Fuzzy*



Gambar 3.4 Flowchart Metode *Fuzzy*

Dalam penentuan kriteria dari suatu kualitas jaringan fiber optik, aplikasi logika *fuzzy* digunakan untuk proses pengubahan *input* yang berupa redaman dan parameter *Quality of Service* sehingga mendapatkan *output* berupa nilai kualitas jaringan fiber optik. Nilai dari kualitas optic tersebut kemudian disesuaikan dengan range keanggotaan pada variabel nilai kualitas fiber optik sehingga akan menghasilkan kualitas sambungan fiber optik. Dalam sikripsi ini penentuan kualitas sambungan fiber optik digunakan metode Mamdani atau metode Min-Max dimana setiap aturan yang berbentuk implikasi sebab-akibat *antesenden* yang berbentuk konjugasi AND mempunyai nilai keanggotaan berbentuk minimum (min), sedangkan konsekuen gabungannya berbentuk maksimum (max).



Gambar 3.5 Skema metode *Fuzzy*

Untuk mendapatkan suatu *output* melalui empat tahapan yaitu :

1) Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Pada Metode Mamdani variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Dalam penentuan kualitas jaringan Fiber Optik, variabel *input* dibagi menjadi dua yaitu variabel redaman, *Quality of Service*. Sedangkan satu variabel *output*nya yaitu variabel kualitas sambungan fiber optik.

Tabel 3.1 Semesta pembicaraan untuk setiap variabel *fuzzy*

Fungsi	Nama Variabel	Semesta Pembicaraan
<i>Input</i>	Redaman	[5,40]
	<i>Quality of Service</i>	[1,4]
<i>Output</i>	Kualitas Jaringan Fiber Optik	[0,100]

Dari variabel tersebut kemudian di susun domain himpunan *fuzzy*. Terlihat pada tabel. Tabel 3.2 Himpunan *Fuzzy*.

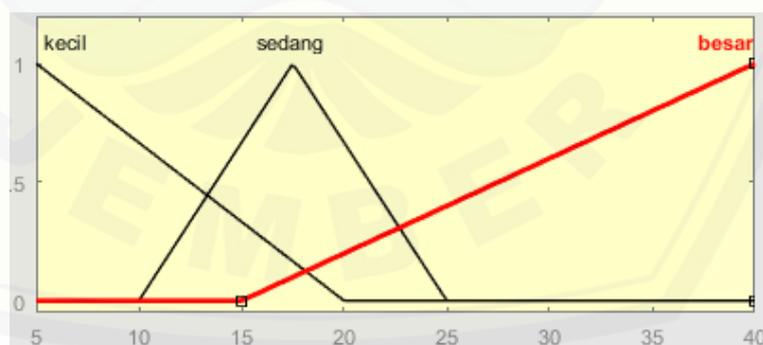
Tabel 3.2 Himpunan *Fuzzy*

Variabel	Himpunan	Domain	Fungsi anggota	Parameter
Redaman (dB)	Kecil	[5,20]	Bahu kiri	(-9;5;20)
	Sedang	[10,25]	Segitiga	(10;17,5;25)
	Besar	[15,40]	Bahu kanan	(15;40;40)
<i>Quality Of service</i>	Buruk	[-0,2 ; 2,1]	Bahu kiri	(-0,2;1;2,1)
	Kurang memuaskan	[1,9 ; 3,1]	Segitiga	(1,9;2,5;3,1)
	Memuaskan	[3 ; 3,9]	Segitiga	(3;3,5;3,9)
	Sangat Memuaskan	[3,8 ; 4]	Bahu kanan	(3,8;4;4,4)
Kualitas Fiber Optik	Sangat jelek	[-40,30]	Bahu kiri	(-40;0;30)
	Jelek	[25,55]	Segitiga	(25;38;55)
	Bagus	[50,80]	Segitiga	(50;63;80)
	Sangat bagus	[75,140]	Bahu kanan	(75;100;140)

Himpunan *Fuzzy* dan fungsi anggota dari variabel redaman dan *Quality of Service* direpresentasikan sebagai berikut:

a. Himpunan *Fuzzy* variabel redaman

Pada variabel redaman di definisikan menjadi tiga himpunan *fuzzy* yaitu sangat kecil, kecil dan besar. Ketiga himpunan tersebut di representasikan menggunakan kurva bahu kiri untuk himpunan *fuzzy* sangat kecil, kurva segitiga himpunan *fuzzy* kecil, dan bentuk kurva bahu kanan untuk himpunan *fuzzy* besar.

Gambar 3.6 Himpunan *fuzzy* redaman

Pada gambar 3.6 Himpunan *fuzzy* redaman, sumbu horizontal merupakan nilai dari *input* variabel redaman, sumbu vertical tingkat keanggotaan dari nilai *input*. Maka dapat direpresentasikan sebagai berikut:

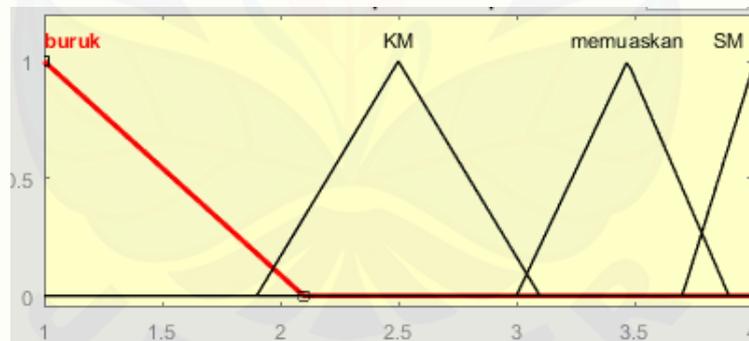
$$\mu_{kecil} = \begin{cases} \frac{20-x}{15} & ; 5 \leq x \leq 20 \\ 0 & ; x \geq 20 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{kecil} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 10 \\ \frac{x-10}{7,5} & ; 10 \leq x \leq 17,5 \\ \frac{25-x}{7,5} & ; 17,5 \leq x \leq 25 \\ 0 & ; x \geq 25 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{besar} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15 \\ \frac{x-15}{25} & ; 15 \leq x \leq 40 \end{cases} \quad (3.3)$$

b. Himpunan *fuzzy* variabel *Quality of Service*

Pada variabel *Quality of Service* di implementasikan empat himpunan *fuzzy* yaitu sangat memuaskan, memuaskan, kurang memuaskan, buruk. Bentuk kurva bahu kiri digunakan untuk mempresentasikan variabel *Quality of Service* himpunan *fuzzy* sangat buruk, kurva segitiga untuk himpunan *fuzzy* kurang memuaskan dan memuaskan, kurva bahu kanan untuk himpunan *fuzzy* sangat memuaskan.



Gambar 3.7 Himpunan *fuzzy* *Quality of Service*

Dari gambar 3.7 Himpunan *fuzzy* *Quality of Service*, maka fungsi keanggotaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mu_{buruk} = \begin{cases} \frac{2,1-x}{1,1} & ; x \leq 2,1 \\ 0 & ; x \geq 2,1 \end{cases} \quad (3.4)$$

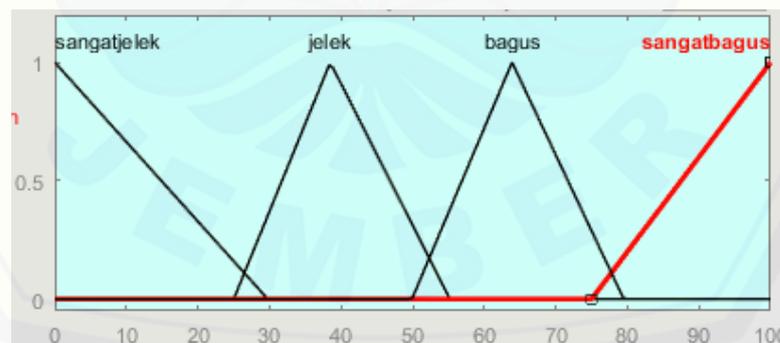
$$\mu_{KM} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 1,8 \\ \frac{x-1,9}{0,6} & ; 1,9 \leq x \leq 2,5 \\ \frac{3,1-x}{0,6} & ; 2,5 \leq x \leq 3,1 \\ 0 & ; x \geq 3,1 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_M = \begin{cases} 0 & ; x \leq 3 \\ \frac{x-3}{0,5} & ; 3 \leq x \leq 3,5 \\ \frac{3,9-x}{0,4} & ; 3,5 \leq x \leq 3,9 \\ 0 & ; x \geq 3,9 \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\mu_{SM} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 3,8 \\ \frac{x-3,8}{0,2} & ; 3,8 \leq x \leq 4 \end{cases} \quad (3.7)$$

c. Himpunan *fuzzy* Variabel kualitas sambungan

Pada variabel kualitas sambungan di implementasikan empat himpunan *fuzzy* yaitu sangat bagus, bagus, jelek, sangat jelek. Bentuk kurva bahu kiri digunakan untuk mempresentasikan variabel delay himpunan *fuzzy* sangat jelek, kurva segitiga untuk himpunan *fuzzy* jelek dan bagus, kurva bahu kanan untuk himpunan *fuzzy* sangat bagus.



Gambar 3.8 Himpunan *fuzzy* Kualitas Sambungan

Dari gambar 3.8 Himpunan *fuzzy* Kualitas Sambungan, maka fungsi keanggotaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mu_{sangat\ jelek} = \begin{cases} \frac{30-x}{30} & ; x \leq 30 \\ 0 & ; x \geq 30 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{jelek} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 25 \\ \frac{x-25}{13} & ; 25 \leq x \leq 38 \\ \frac{55-x}{17} & ; 38 \leq x \leq 55 \\ 0 & ; x \geq 55 \end{cases} \quad (3.9)$$

$$\mu_{bagus} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 50 \\ \frac{x-50}{13} & ; 50 \leq x \leq 63 \\ \frac{80-x}{17} & ; 63 \leq x \leq 80 \\ 0 & ; x \geq 80 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\mu_{SM} = \begin{cases} 0 & ; x \leq 75 \\ \frac{x-75}{25} & ; x \geq 75 \end{cases} \quad (3.11)$$

2) Aplikasi Fungsi Implikasi

Setelah melakukan suatu pembentukan himpunan *fuzzy*, langkah selanjutnya yaitu membentuk aturan *fuzzy*. Aturan tersebut di bentuk untuk mrnyatakan relasi antara *input* dan *output*. Aturan-aturan tersebut merupakan suatu implikasi dimana operator yang digunakan untuk menghubungkan antara tiga *input* adalah operator AND dan yang memetakan antara *input-output* adalah IF-THEN. proposisi yang mengikuti IF disebut *antesenden* sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut konsekuen.

Setelah aturan aturan tersebut dibentuk maka selanjutnya pengaplikasian fungsi implikasi. Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN dimana tingkat keanggotaan yang didapat sebagai konsekuen dari proses ini merupakan nilai minimum dari variabel redaman *delay* dan *jitter* sehingga akan didapatkan daerah *fuzzy* pada variabel nilai kualitas jaringan fiber optik untuk masing-masing aturan.

Tabel 3.3 Aturan-aturan dalam penentuan status sambungan

Keterangan		Kecil	Sedang	Besar
Quality Of Service	SM	Sangat Bagus	Sangat Bagus	Sangat Bagus
	M	Bagus	Bagus	Bagus
	KM	Jelek	Jelek	Jelek
	Buruk	Sangat Jelek	Sangat Jelek	Sangat Jelek

3) Komposisi Aturan

Pada metode mamdani, komposisi antar fungsi implikasi menggunakan fungsi MAX dengan cara mengambil nilai maksimum dari *output* aturan kemudian menggabungkan daerah *fuzzy* dari masing-masing aturan dengan operator OR.

$$\mu_{sf}[x] = \max(\mu_{kf1}[x], \mu_{kf2}[x], \mu_{kf3}[x], \mu_{kf4}[x], \mu_{kf5}[x], \mu_{kf6}[x], \mu_{kf7}[x], \mu_{kf8}[x], \mu_{kf9}[x])$$

Keterangan:

$\mu_{sf}[x]$: nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*;

$\mu_{kfi}[x]$: nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* setiap aturan ke-*i*, dimana $i = 1, 2, \dots, 6$.

4) Penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan tegas pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Defuzzifikasi yang digunakan dalam menentukan nilai gizi adalah dengan metode centroid. Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (Z_0) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$Z_0 = \frac{\int_a^b z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz} \quad (3.12)$$

Untuk domain kontinyu dengan Z_0 adalah nilai hasil defuzzifikasi dan $\mu(z)$ adalah derajat keanggotaan titik tersebut, sedangkan Z adalah nilai domain ke-*i*.

5) Penentuan status kualitas sambungan fiber optik

Dalam penelitian ini, himpunan *fuzzy* digunakan untuk menentukan status kualitas sambungan Fiber optik. Himpunan *fuzzy* tersebut meliputi variabel redaman dan *Quality Of Servis* sebagai *input*, dan nilai kualitas sambungan sebagai *output*.



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Suatu penyambungan mempengaruhi nilai suatu redaman dan *Quality Of Service* pada suatu jaringan. Semakin baik hasil dari proses penyambungan, maka nilai redaman semakin kecil dan nilai *Quality Of Service* semakin baik. Hal ini di buktikan pada data ketika kualitas sambungan 90,9%, redaman yang dihasilkan sebesar 17,25 dB dan nilai *Quality Of Service* adalah 4. Ketika kualitas sambungan 64,5% redaman yang dihasilkan sebesar 30,13 dB dan nilai *Quality Of Service* nya sebesar 3,6.
2. Perhitungan nilai status kualitas sambungan fiber optik menggunakan metode mamdani dalam logika *fuzzy* melalui 4 tahapan yaitu melakukan pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi implikasi, komposisi aturan, defuzzyfikasi.
3. Menentukan kualitas sambungan fiber optik yaitu dengan menyesuaikan nilai kualitas sambungan yang telah didapatkan ke dalam interval keanggotaan himpunan *fuzzy* pada variabel kualitas sambungan fiber optik. Nilai dari hasil kualitas penyambungan bergantung pada nilai masukan input redaman dan *Quality Of Service*

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk :

1. Adanya pembuatan *software* berupa kalkulator yang dikhususkan untuk menentukan nilai kualitas penyambungan berdasarkan *input* nilai redaman dan *Quality Of service*.
2. Untuk menghasilkan kualitas sambungan yang dapat digunakan pada suatu jaringan, maka sambungan tersebut harus memiliki nilai redaman yang kecil serta nilai *indeks Quality of Service* bagus .

DAFTAR PUSTAKA

- Pranata, Y. A., Fibriani, I., & Utomo, S. B. 2016. Analisis Optimasi Kinerja Quality Of Service Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan Ns-2 di PT. PLN (Persero) Jember. *sinergi*, 149-156.
- Riyadi, S., & Alaydrus, M. 2016. Kontribusi Kerugian Akibat Sambungan Pada Saluran Transmisi Serat Optik Single Mode. *Simetris*, 143-152.
- Umaterate, I., Saifuddin, M. Z., Saman, H., & N, R. E. 2016. Sistem Penyambungan Dan Pengukuran Kabel Fiber Optik Menggunakan Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) Pada PT. Telkom Kandatel Ternate. *Protek*, 26-34.
- Ayuningtias, L. P., Irfan, M., & Jumadi. 2017. Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung). *ISSN*, 9-16.
- Daniyati, R., Wibowo, R., N, N. A., & A , C. R. 2011. Pengaruh Kelengkungan (Bending Loss) Terhadap Pengaruh Intesitas yang Timbul Pada Fiber Optik.
- Delano, A., & Astuti, D. W. 2017. Perancangan Jaringan Ftth Konfigurasi Bus Dual Stage Passive Splitter Underground Access di Cluster Missisipi, Jakarta Garden City. *ISSN*, 222-233.
- Faruqi, I., & Panjaitan, S. P. 2014. studi Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (Ftth) dengan Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (Gpon) di Perumahan Cbd Polonia Medan. *singuda ensikom*, 25-29.

- Fitriyani, A., Damayanti, ST.,MT., T. N., & Yudha, M. S. 2015. Perancangan Jaringan Fiber To The Home (Ftth) Perumahan Nataendah Kopo. *e-Proceeding of Applied Science*, 1404-1409.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lubis, R. S., & Pinem, M. 2014. Analisis Quality Of Service (Qos) Jaringan Internet di SMK Telkom Medan. *singuda ensikom*, 131-136.
- Prakoso, H. S., Andrie.,ST.,MT, D., & Rahmad.,ST.,M.Kom, D. 2015. Implementasi Metode Fuzzy untuk Klasifikasi Usia Jeruk Nipis.
- Salman, A. G. 2010. Pemodelan Sistem Fuzzy Dengan Menggunakan Matlab. *ComTech*, 276-288.
- Wulandari, Y. 2011. Aplikasi Metode Mamdani Dalam Penentuan Status Gizi Dengan Indeks Masa Tubuh (IMT) Menggunakan Logika Fuzzy. *Sikripsi*. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

LAMPIRAN



Gambar 1 Pengambilan data Qos



Gambar 2 Proses penyambungan di luar ruangan



Gambar 3 Proses penyambungan di luar ruangan



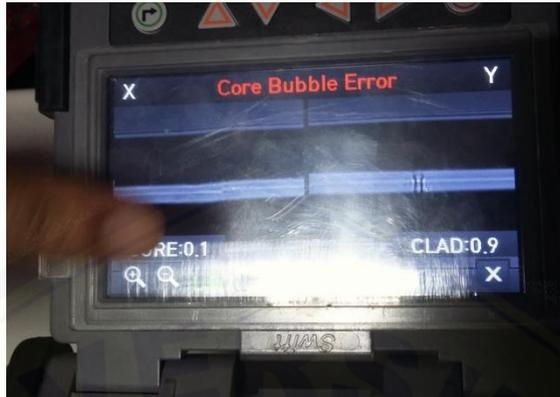
Gambar 4 Proses penyambungan di luar ruangan



Gambar 5 Proses penyambungan di luar ruangan



Gambar 6 Proses penyambungan menggunakan alat



Gambar 7 Hasil penyambungan pada *fusion splicer*



Gambar 8 Pengukuran redaman