



**ANALISIS OPTIMASI KINERJA *QUALITY OF SERVICE* PADA  
LAYANAN KOMUNIKASI DATA MENGGUNAKAN NS-2  
DI PT. PLN (PERSERO) JEMBER**

**SKRIPSI**

Oleh

**Yohanes Andri Pranata  
NIM 121910201066**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**



**ANALISIS OPTIMASI KINERJA *QUALITY OF SERVICE* PADA  
LAYANAN KOMUNIKASI DATA MENGGUNAKAN NS-2  
DI PT. PLN (PERSERO) JEMBER**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

**Yohanes Andri Pranata  
NIM 121910201066**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**

## PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Optimasi Kinerja *Quality of Service* Pada Layanan Komunikasi data menggunakan NS-2 Di PT. PLN (Persero) Jember” dan skripsi ini merupakan gerbang awal dalam mencapai kesuksesan yang lebih baik lagi. Oleh karena itu, saya ingin mempersembahkan karya ini kepada :

1. Allah SWT, Tuhan yang bergantung kepada-Nya segala sesuatu.
2. Nabi Muhammad SAW, utusan Allah SWT untuk menjadi pedoman umat manusia.
3. Bapak Suratman dan Ibu Lilik Lindyawati yang selalu mendoakan dan mendukung moral dan materi.
4. Guru-guru sejak Sekolah Dasar, Sekolah Menengah Pertama, Sekolah Menengah Atas sampai dengan Perguruan Tinggi.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Ibu Ike Fibriani S.T., M.T. selaku DPU dan Bapak Satryo Budi Utomo S.T., M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesaikannya skripsi ini.
6. Bapak Dodi Setiabudi S.T.,M.T. selaku dosen Penguji I dan Sumardi S.T., M.T. selaku dosen penguji II yang telah senantiasa menyempatkan waktunya untuk mengoreksi demi selesainya skripsi ini.
7. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
8. Helen adikku tercinta yang telah mendukung dalam segala hal.
9. Dulur – dulur elektro angkatan 2012 “SATE UJ” salam “SEMPAK”.

Serta seluruh teman – teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu dalam membantu menyusun dan menyempurnakan skripsi ini saya ucapkan banyak terima kasih.

**MOTTO**

“Perumpamaan orang yang menginfakkan hartanya di jalan Allah seperti sebutir biji yang menumbuhkan tujuh tangkai, pada setiap tangkai ada seratus biji.

Allah melipat gandakan bagi siapa yang Dia kehendaki,  
dan Allah Maha luas, Maha Mengetahui ”

*(Q.S Al-Baqarah :261)\**

“Orang yang paling menyesal di hari kiamat adalah seseorang yang mendapat kesempatan untuk mencari ilmu (agama) ketika hidup di dunia, tetapi ia tidak mencarinya”

*(HR. Ibnu Assakir dari Annas r.a.)*

“Jangan pernah kalah dengan rasa takut karena belum mencobanya, tapi beranikanlah untuk mencoba dan melakukannya”

*(Yohanes Andri P.)*

“Banggalah dengan karyamu sendiri meskipun itu masih banyak kekurangannya”

*(Yohanes Andri P.)*

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah:

Nama : Yohanes Andri Pranata

NIM : 121910201066

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **ANALISIS OPTIMASI KINERJA *QUALITY OF SERVICE* PADA LAYANAN KOMUNIKASI DATA MENGGUNAKAN NS-2 DI PT. PLN (PERSERO) JEMBER** adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 02 September 2016

Yang menyatakan,

Yohanes Andri Pranata  
NIM 121910201066

**SKRIPSI**

**ANALISIS OPTIMASI KINERJA *QUALITY OF SERVICE* PADA  
LAYANAN KOMUNIKASI DATA MENGGUNAKAN NS-2  
DI PT. PLN (PERSERO) JEMBER**

Oleh

**Yohanes Andri Pranata  
NIM 121910201066**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bambang Supeno, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Satryo Budi Utomo, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis Optimasi Kinerja *Quality of Service* Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan Ns-2 Di PT. PLN (Persero) Jember” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

hari, tanggal : Jum’at, 02 Agustus 2016

tempat : Ruang Ujian 1 Fakultas Teknik Universitas Jember.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Bambang Supeno, S.T., M.T.  
NIP 19690630 199512 1 001

Satryo Budi Utomo, S.T., M.T.  
NIP. 19850126 200801 1 002

Penguji I,

Penguji II,

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.  
NIP 19840531 200812 1 004

Sumardi, S.T., M.T.  
NIP. 19670113 199802 1 001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember,

Dr.Ir. Entin Hidayah M.U.M  
NIP 19661215 199503 2 001



**ANALISIS OPTIMASI KINERJA *QUALITY OF SERVICE* PADA  
LAYANAN KOMUNIKASI DATA MENGGUNAKAN NS-2 DI PT. PLN  
(PERSERO) JEMBER**

**Yohanes Andri Pranata**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

**ABSTRAK**

*Quality of Service* merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan yang terpasang dan juga merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu layanan. Dengan dibuatnya sistem pembayaran *online* yang terdapat di PT. PLN (Persero) Jember, layanan *internet* yang digunakan hendaknya harus memenuhi standar TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*). Maka diperlukan optimasi kinerja *QoS* sebagai salah satu cara untuk mengetahui seberapa besar kualitas layanan data yang harus dipenuhi. Parameter *QoS* yang digunakan untuk analisis layanan komunikasi data adalah *jitter*, *packet loss*, *throughput*, dan *delay*. Dari hasil analisis data menunjukkan bahwa pada jam sibuk (09.00-11.00 WIB) dan non sibuk (11.00-13.00 WIB) mendapatkan hasil rata – rata indeks *QoS* sebesar 2,125 dalam kategori “kurang memuaskan”. Dengan kapasitas *bandwidth* yang disediakan sebesar 3 *Mbps*. Kemudian dari hasil perhitungan optimasi *bandwidth* yang diperlukan sebesar 7,154 *Mbps* dan disimulasikan mendapatkan rata –rata indeks *QoS* yang sebesar 3,5 dalam kategori “sangat memuaskan”.

**Kata kunci:** *Bandwidth, Delay, Internet, Jitter, Packet Loss, Quality of Service (QoS), TIPHON, Throughput*



***ANALYSIS OPTIMIZATION ON THE SERVICE QUALITY OF SERVICE  
USING DATA COMMUNICATIONS NS-2 IN PT. PLN (PERSERO) JEMBER***

**Yohanes Andri Pranata**

*Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, University of Jember*

**ABSTRACT**

*Quality of Service is a method of measurement of how well the network is attached and is also an attempt to define the characteristics and nature of the service. We make online payment system that is contained in the PT. PLN (Persero) Jember, internet services used should have to meet the standards TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks). It is necessary QoS performance optimization as one way to find out how much the quality of data services that must be met. QoS parameters used for the analysis of data communication services is jitter, packet loss, throughput, and delay. Data analysis showed that during peak hours (9:00 to 11:00 a.m. GMT) and the non-busy (11:00 to 13:00 GMT) to get the average QoS index of 2.125 in the category "less than satisfactory". With bandwidth capacity provided by 3 Mbps. Then from the calculation of the necessary bandwidth optimization amounted to 7.154 Mbps and simulated get average QoS index of 3.5 in the category of "very satisfactory".*

**Keywords:** *Bandwidth, Delay, Internet, Jitter, Packet Loss, Quality of Service (QoS), TIPHON, Throughput*

## RINGKASAN

**“Analisis Optimasi Kinerja *Quality Of Service* Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan Ns-2 Di PT. PLN (Persero) Jember”**; Yohanes Andri Pranata, 121910201066; 2016: 106 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Komunikasi data merupakan salah satu teknologi telekomunikasi yang berkembang sangat pesat, khususnya pada implementasi IP. Layanan-layanan yang berbasis IP juga ikut merasakan dampaknya. Oleh karena itu komunikasi data juga mengalami akselerasi yang terus berkembang pesat. Dalam hal ini pengembangan juga dilakukan pada segala sistem yang membutuhkan layanan komunikasi berbasis internet. Salah satu sistem yang saat ini sedang dikembangkan adalah sistem pembayaran *online* yang terdapat pada PT. PLN (Persero) Jember.

Dalam menentukan kondisi jaringan yang terpasang pada PT. PLN (Persero) Jember dibutuhkan analisa jaringan berdasarkan parameter *QoS*. *QoS* merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan yang terpasang dan juga merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu layanan. *QoS* digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu layanan. Parameter *QoS* yang digunakan untuk analisis layanan komunikasi data adalah *jitter*, *packet loss*, *throughput*, dan *delay*. Dengan menggunakan parameter *QoS* diatas akan diketahui kategori nilai indeks *QoS* layanan komunikasi data di PT. PLN (Persero) Jember saat ini. Untuk mendapatkan hasil tersebut akan dilakukan pengukuran jaringan *internet* dan ditentukan nilai indeks parameternya. Kemudian hasilnya akan dianalisis agar dapat dioptimasi dan disimulasikan menggunakan NS-2.

Dari hasil pengukuran dan simulasi maka diperoleh hasil analisis data menunjukkan bahwa pada jam sibuk (09.00-11.00 WIB) dan non sibuk (11.00-13.00 WIB) mendapatkan hasil rata – rata indeks *QoS* sebesar 2,125 dalam kategori “kurang memuaskan”. Dengan kapasitas *bandwidth* yang disediakan

sebesar 3 *Mbps*. Kemudian dari hasil perhitungan optimasi *bandwidth* yang diperlukan sebesar 7,154 *Mbps* dan disimulasikan mendapatkan rata –rata indeks *QoS* yang sebesar 3,5 dalam kategori “sangat memuaskan”.



**SUMMARY**

***“Analysis Optimization On The Service Quality Of Service Using Data Communications Ns-2 In Pt. Pln (Persero) Jember”***; Yohanes Andri Pranata, 121910201066; 2016: 106 pages; Bachelor degree (S1) Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Jember.

*Data communication technology is one of the fastest growing telecommunications, particularly in the implementation of IP. Services based on IP also feel the impact. Therefore data communication also experienced acceleration continues to grow rapidly. In this case the development is also performed on all systems that require Internet-based communications services. One system is currently being developed is an online payment system on PT. PLN (Persero) Jember.*

*In determining network conditions attached to the PT. PLN (Persero) Jember required network analysis based on QoS parameters. QoS is a method of measurement of how well the network is attached and is also an attempt to define the characteristics and nature of the service. QoS is used to measure the performance of a set of attributes that have been specified and associated with a service. QoS parameters used for the analysis of data communication services is jitter, packet loss, throughput, and delay. By using the above QoS parameters will be known category index value QoS data communication services at PT. PLN (Persero) Jember now. To obtain these results will be measured and determined Internet network parameter index value. Then the results will be analyzed in order to be optimized and simulated using NS – 2.*

*From the measurement results and the simulation results are obtained data analysis showed that during peak hours ( 09:00 to 11:00 GMT) and the non-busy ( 11:00 to 13:00 GMT) to get the average - average QoS index of 2.125 in the category " less than satisfactory " . With bandwidth capacity provided by 3 Mbps. Then from the calculation of the necessary bandwidth optimization*

*amounted to 7.154 Mbps and simulated get -rata average QoS index of 3.5 in the category of "very satisfactory".*



## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul *“Analisis Optimasi Kinerja Quality Of Service Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan Ns-2 Di PT. PLN (Persero) Jember”*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan rizki-Nya serta memberi kelancaran dan kemudahan sehingga terselesaikanya skripsi ini.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita ke peradaban yang baik ini.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko S.T., M.T. selaku Ketua jurusan Teknik Elektro.
5. Bapak Dedy Kurni Setiawan S.T., M.T. selaku Ketua Prodi S1 Fakultas Teknik Elektro Universitas Jember.
6. Ibu Ike Fibriani, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing utama (DPU) yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
7. Bapak Satrio Budi Utomo S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) dan telah membantu memberikan kepercayaan untuk mengerjakan proyek penelitian yang digunakan pada skripsi ini.
8. Bapak Dodi Setiabudi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I.
9. Bapak Sumardi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II.

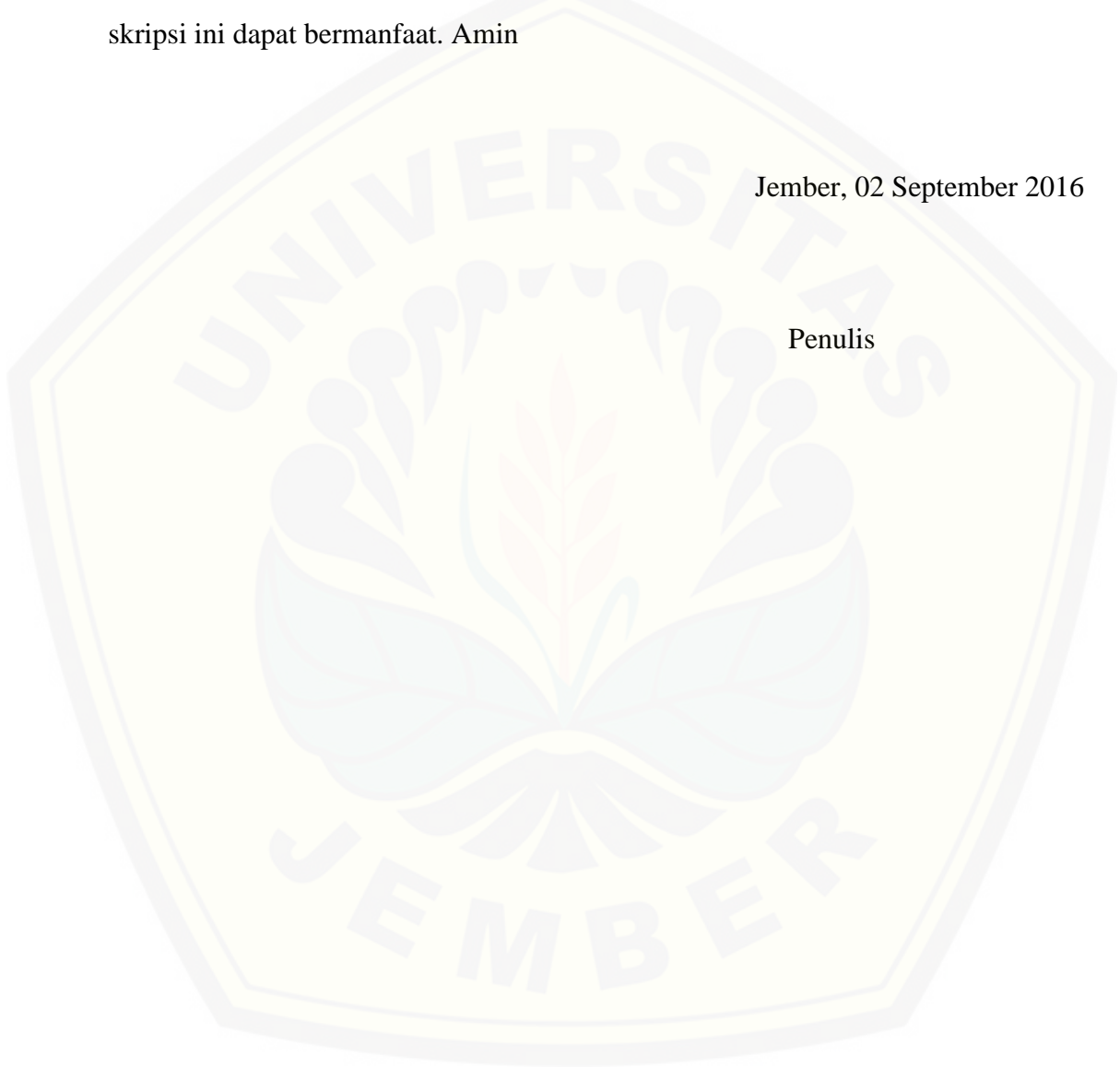


10. Seluruh Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro.
11. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Amin

Jember, 02 September 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>SUMMARY</b> .....	xi
<b>PRAKATA</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>1.6 Sistematika Penulisan</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Matrik Perumusan Masalah</b> .....	5
<b>2.2 Media Transmisi</b> .....	5
2.2.1 <i>Media Transmisi Guide</i> .....	6
2.2.1.1 <i>Twister Pair Cable</i> .....	7
2.2.1.2 <i>Coaxial Cable (Kabel Koaksial)</i> .....	10
2.2.1.3 <i>Fiber Optic Cable</i> .....	11

<b>2.3 Topologi Jaringan</b> .....	12
2.3.1 Jenis Topologi Jaringan .....	13
2.3.1.1 Topologi <i>Ring</i> .....	13
2.3.1.2 Topologi <i>Bus</i> .....	13
2.3.1.3 Topologi <i>Star</i> .....	14
2.3.1.4 Topologi <i>Mesh</i> .....	15
2.3.1.5 Topologi <i>Tree</i> .....	15
<b>2.4 Quality of Service (QoS)</b> .....	16
2.4.1 Parameter Quality of Service (QoS) .....	19
2.4.1.1 <i>Packet Loss</i> .....	19
2.4.1.2 <i>Delay</i> .....	20
2.4.1.3 <i>Jitter</i> .....	21
2.4.1.4 <i>Throughput</i> .....	21
2.4.1.5 <i>Mean Opinion Source (MOS)</i> .....	22
2.4.1.6 <i>Echo Cancelation</i> .....	22
2.4.1.7 <i>Post Dial Delay</i> .....	22
2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Quality of Service (QoS) .....	23
2.4.2.1 Redaman .....	23
2.4.2.2 Distorsi .....	23
2.4.2.3 <i>Noise</i> .....	23
<b>2.5 Wireshark</b> .....	24
2.5.1 Fungsi dari <i>Software Wireshark</i> .....	25
<b>2.6 Axence NetTools Pro 5.0</b> .....	26
<b>2.7 Simulasi Network (NS-2)</b> .....	26
2.7.1 Struktur Simulasi <i>Network (NS-2)</i> .....	28
2.7.2 <i>Output Simulasi Network (NS-2)</i> .....	30
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	31
<b>3.1 Prosedur Penelitian</b> .....	32
3.1.1 Studi Literatur .....	33
3.1.2 Persiapan Lokasi Pengukuran .....	33
3.1.3 Perancangan Pengukuran .....	33

3.1.4 Analisis Hasil Optimasi .....	33
<b>3.2 Perhitungan Parameter QoS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3 Tahap Pengujian Simulasi NS-2 .....</b>	<b>37</b>
<b>3.4 Pemodelan Topologi Jaringan .....</b>	<b>38</b>
<b>3.4 Parameter – parameter Simulasi.....</b>	<b>39</b>
<b>BAB 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Proses dan Tahapan Pengambilan data .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2 Pengambilan data .....</b>	<b>42</b>
<b>4.3 Analisa Parameter – parameter QoS Jaringan Internet .....</b>	<b>43</b>
4.3.1 Throughput .....	43
4.3.2 Delay .....	45
4.3.3 Jitter .....	48
4.3.4 Packet Loss .....	50
<b>4.4 Rekapitulasi Parameter – parameter QoS (<i>Quality of Service</i>) PT. PLN (Persero) Jember .....</b>	<b>53</b>
<b>4.5 Optimasi QoS PT. PLN (Persero) Jember .....</b>	<b>56</b>
<b>4.6 Pengujian Hasil Simulasi NS-2 .....</b>	<b>57</b>
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>61</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>61</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>61</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Matrik perumusan masalah.....	5
2.2 Indeks parameter QoS.....	18
2.3 Kategori <i>Packet Loss</i> .....	20
2.4 Kategori <i>Delay</i> .....	20
2.5 Kategori <i>Jitter</i> .....	21
2.6 Kategori <i>Throughput</i> .....	21
2.7 Kategori MOS.....	22
3.1 Parameter Simulasi .....	39
4.1 Pengambilan Data <i>Throughput</i> di alokasi jam Sibuk (09.00 – 11.00 WIB).....	43
4.2 Pengambilan Data <i>Throughput</i> di alokasi jam Non sibuk (11.00 – 13.00 WIB).....	44
4.3 Pengambilan Data <i>Delay</i> di alokasi jam Sibuk (09.00 – 11.00 WIB).....	46
4.4 Pengambilan Data <i>Delay</i> di alokasi jam Non sibuk (11.00 – 13.00 WIB).....	47
4.5 Pengambilan Data <i>Jitter</i> di alokasi jam Sibuk (09.00 – 11.00 WIB).....	48
4.6 Pengambilan Data <i>Jitter</i> di alokasi jam Non sibuk (11.00 – 13.00 WIB).....	49
4.7 Pengambilan Data <i>Packet loss</i> di alokasi jam Sibuk (09.00 – 11.00 WIB).....	51
4.8 Pengambilan Data <i>Packet loss</i> di alokasi jam Non sibuk (11.00 – 13.00 WIB).....	52
4.9 Parameter – parameter QoS pada jam Sibuk (09.00 – 11.00 WIB).....	53
4.10 Parameter – parameter QoS pada jam Non Sibuk (11.00 – 13.00 WIB).....	54
4.11 Rekapitulasi hasil parameter QoS pada jam Sibuk (09.00 – 11.00 WIB) dan Non Sibuk (11.00 – 13.00 WIB).....	55

4.12 Rekapitulasi hasil optimasi parameter QoS.....	57
4.13 Hasil rekapitulasi parameter – parameter QoS hasil simulasi di NS- 2.....	59





**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 <i>Shield Twister Pair (STP)</i> .....	8
2.2 <i>Unshield Twister-Pair(UTP)</i> .....	9
2.3 <i>Kabel Koaksial (Coaxial Cabel)</i> .....	10
2.4 <i>Fiber Optik</i> .....	11
2.5 <i>Topologi Ring</i> .....	13
2.6 <i>Topologi Bus</i> .....	13
2.7 <i>Topologi Star</i> .....	14
2.8 <i>Topologi Mesh</i> .....	15
2.9 <i>Topologi Tree</i> .....	16
2.10 <i>Wireshark Window layout</i> .....	24
2.11 <i>Axence NetTools Pro. 5.0 Window Layout</i> .....	26
2.12 <i>Komponen Pembangun NS-2</i> .....	29
2.13 <i>Arsitektur Dasar dari NS-2</i> .....	29
2.14 <i>Tampilan File Trace pada NS-2</i> .....	30
2.15 <i>Tampilan File NamTrace pada NS-2</i> .....	30
3.1 <i>Blok Diagram Penelitian</i> .....	32
3.2 <i>Pengukuran Throughput</i> .....	34
3.3 <i>Pengkuran Delay</i> .....	34
3.4 <i>Penukuran Packet loss</i> .....	35
3.5 <i>Tahap Pengujian Simulasi NS-2</i> .....	37
3.6 <i>Topologi Pengujian Simulasi NS-2</i> .....	38
4.1 <i>Tampilan Topologi Jaringan PT. PLN (Persero) Jember</i> .....	42
4.2 <i>Grafik perbandingan Parameter Uji jam Sibuk dan Non Sibuk</i> .....	55
4.3 <i>Tampilan NAM pada NS-2</i> .....	58
4.4 <i>Tampilan Interface NAM pada NS-2</i> .....	58
4.5 <i>Grafik perbandingan hasil simulasi dengan hasil pengukuran</i> .....	60

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Komunikasi data merupakan salah satu teknologi telekomunikasi yang berkembang sangat pesat, khususnya pada implementasi IP. Layanan-layanan yang berbasis IP juga ikut merasakan dampaknya. Oleh karena itu komunikasi data juga mengalami akselerasi yang terus berkembang pesat. Dalam hal ini pengembangan juga dilakukan pada segala sistem yang membutuhkan layanan komunikasi berbasis internet. Salah satu sistem yang saat ini sedang dikembangkan adalah sistem pembayaran *online* yang terdapat pada PT. PLN (Persero) Jember. Dengan sistem pembayaran *online* ini pelanggan dengan mudah melakukan transaksi baik dalam segi pembayaran ataupun hanya melakukan pengecekan status. Untuk menikmati layanan berbasis *online* tersebut dibutuhkan sebuah jaringan *backbone* pendukung yang baik dan selalu tersedia setiap saat. Jaringan *backbone* yang dimaksud adalah penyedia layanan *internet* yang mendukung proses pembayaran *online* ini dengan kapasitas yang diperlukan. Oleh karena itu, perlu adanya tinjauan terhadap kualitas layanan *internet* yang sedang digunakan atau terpasang dalam sistem tersebut dengan menggunakan standarisasi TIPHON, terutama pada parameter *Quality of Service (QoS)*.

*QoS* merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan yang terpasang dan juga merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu layanan. *QoS* digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu layanan. Parameter *QoS* yang digunakan untuk analisis layanan komunikasi data adalah *jitter*, *packet loss*, *throughput*, dan *delay*. Dengan menggunakan parameter tersebut diharapkan performansi kinerja *QoS* dapat diketahui dan digunakan sebagai acuan kualitas jaringan internet yang dipasang. Sehingga sistem informasi yang dibutuhkan dapat disesuaikan. Dengan menggunakan parameter *QoS* layanan data yang kurang maksimal dapat segera diketahui dan ditangani, agar sistem yang dipasang dapat terintegrasi dengan baik. Sehingga optimasi layanan komunikasi data dapat tercipta.

Beberapa peneliti juga telah melakukan penelitian terhadap “Analisis *Quality of service (QoS)* Pada jaringan Internet Studi Kasus : Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura ” (Wahyu Patrya Sasmita, dkk ) yang membahas tentang kualitas layanan data untuk mencakup seluruh daerah fakultas kedokteran, pada jaringan Internet pada Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura serta mengetahui parameter *QoS* terhadap laju trafiknya.

Dengan mengacu pada masalah – masalah yang ada diatas serta kelebihan dari beberapa peneliti yang terlebih dahulu membahas tentang hal tersebut. Maka peneliti mengajukan topik tentang “Analisis Optimasi Kinerja *Quality of Service* Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan NS-2 Di PT. PLN (Persero) Jember”. Aplikasi *Simulasi Network (NS-2)* adalah suatu simulator jaringan terkendali yang dikembangkan pada *UC Berkeley* yang menirukan variasi jaringan IP. Simulator ini menempatkan protokol jaringan seperti TCP dan UDP, perilaku sumber trafik seperti FTP, *Telnet*, *Web*, mekanisme pengembangan antrian pengarah seperti Ekor Juntai, RED dan CBQ, mengarahkan tahapan seperti Dijkstra dan sebagainya. NS juga menempatkan multicasting dan sebagian dari lapisan protokol MAC untuk simulasi LAN. Saat NS (versi 2) yang ditulis dalam C++ dan OTcl (bahasa script Tcl dengan Perluasan objek-berorientasi yang dikembangkan oleh MIT) yang ada.

Seiring dengan meningkatnya kepercayaan masyarakat terhadap kemajuan teknologi *online* yang menghadirkan sistem *interface* yang langsung dapat digunakan oleh pelanggan. Dengan memaksimalkan layanan pendukung sistem tersebut akan sangat berperan penting dalam melancarkan sistem administrasi dari pihak perusahaan, dan juga memberi kemudahan kepada pelanggan untuk menghemat waktu dan tenaga. Sehingga sistem yang dipasang berjalan sesuai dengan keinginan.

Maka dari itu peneliti akan menganalisa bagaimana kualitas layanan data berdasarkan parameter *QoS* di PT. PLN (Persero) Jember, dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap hasil *Simulasi Network (NS-2)*. Sehingga nantinya akan ada saran terhadap konfigurasi jaringan di PT. PLN (Persero) Jember agar lebih optimal. Untuk simulasi akan dilakukan pengujian

parameter *QoS* yang telah disesuaikan dengan pengujian jaringan di PT. PLN (Persero) Jember. Hal ini dibutuhkan, untuk mengoptimisasi kualitas jaringan serta mengetahui kondisi konfigurasi jaringan yang ada di PT. PLN (Persero) Jember.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut

1. Bagaimana analisis kualitas layanan data di PT. PLN (Persero) Jember berdasarkan parameter *QoS*?
2. Bagaimana analisis optimasi kinerja layanan komunikasi data menggunakan *Simulasi Network* (NS-2) di PT. PLN (Persero) Jember?

## 1.3 Batasan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan dapat diambil beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Untuk pengujian layanan data hanya dibatasi pada jaringan PT. PLN (Persero) Jember.
2. Parameter *QoS* yang dipakai meliputi *delay*, *packet loss*, *jitter*, dan *throughput*.
3. Tidak membahas keamanan jaringan pada PT. PLN (Persero) Jember.
4. *Software* yang digunakan meliputi: *Wireshark*, *Axence netTools Pro 5.0*, dan *Simulasi Network* (NS-2).

## 1.4 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah diuraikan dapat diambil beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui analisis kualitas layanan data di PT. PLN Persero Jember berdasarkan parameter *QoS*.
2. Mengetahui analisis optimasi kinerja layanan komunikasi menggunakan *Simulasi Network* (NS-2) data di PT. PLN (Persero) Jember.

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dapat diketahui kualitas layanan komunikasi data dengan setelah melakukan pengukuran parameter *QoS* di PT. PLN (Persero) Jember.
2. Mengetahui kapasitas *bandwidth* yang dibutuhkan sebagai peningkatan kualitas jaringan *internet* dari hasil *Simulasi Network* (NS-2) pada sistem *online* di PT. PLN (Persero) Jember.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

### BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, ruang lingkup/batasan permasalahan, tujuan penulisan, metodologi pembahasan dan sistematika penulisan.

### BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Membahas teori-teori parameter *QoS* dan topologinya. Serta teori *Simulasi Network* (NS-2) dan implementasinya.

### BAB 3 : METODELOGI PENELITIAN

Memuat tentang penelitian termasuk tempat dan waktu penelitian, metode pengambilan data, metode perhitungan nilai *QoS*.

### BAB 4 : DATA DAN ANALISA

Membahas tentang hasil penelitian serta analisis data yang diperoleh dari hasil pengukuran dan perbandingan kualitas layanan di PT. PLN (Persero) Jember.

### BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dan saran dari hasil yang didapat mengenai analisis kualitas komunikasi data pada jaringan *internet* di PT. PLN (Persero) Jember.

### DAFTAR PUSTAKA

### KESIMPULAN



**BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka ini akan menjelaskan tentang teori-teori yang mendukung “Analisis Optimasi Kinerja *Quality of Service* Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan (NS-2) Di PT. PLN (Persero) Jember”. Teori beserta matrik perumusan masalah yang ditulis pada tinjauan pustaka ini akan menunjang analisis pembahasan terhadap penelitian yang dilakukan.

Adapun matrik perumusan masalah adalah sebagai berikut :

No.	Masalah	Solusi	Algoritma	Hasil	Pustaka
1	Kebutuhan layanan internet yang ideal terhadap kondisi <i>realtime</i>	Rekonfigurasi kapasitas <i>Bandwidth</i> dan model topologi	Model pengukuran indoor	<i>Hierarchical Token Bucket</i> (HTB) dan <i>Bandwidth</i> sebesar 4,6569 MB	Yanto.Analisis QOS( <i>Quality of service</i> ) pada jaringan internet ( studi kasus: fakultas teknik universitas tanjungpura).Jurusan teknik elektro,fakultas teknik.Universitas Tanjungpura
2	Kebutuhan komunikasi data yang konsisten	Perancangan jaringan yang disesuaikan dengan kebutuhan	Perencanaan jaringan LAN	Perancangan antar gedung dalam satu topologi	Irawan yunus & Abdillah Baraja.Analisis dan Perancangan jaringan komputer sekolah dasar islam sains dan



- teknologi ibnu qoyyim surakarta.
- 3      Kebutuha      Tinjauan      Pengukura      Parameter      Permana, 2014.  
n layanan      kualitas      n web      QOS      Analisis Layanan  
*streaming*      *streaming*      server      diketahui      Kualitas Video  
video      jaringan      sesuai      *Streaming Multi*  
pada      MSAN      dengan      *service Acces*  
MSAN      waktu yang      *Node (MSAN)*  
ditentukan      Pada      PT.  
Telekomunikasi  
Indonesia, Tbk.  
Area Network  
Jember.  
Universitas  
Jember:Fakultas  
Teknik.
- 4      Kebutuha      Rekonfigura      Pengukura      Parameter      Subekti, 2015.  
n      si jaringan      n indoor      QOS      Rekonfigurasi  
kapasitas      internet      diketahui      Jaringan Internet  
*bandwid*  
*h*      sesuai      Di Fakultas  
terhadap      dengan      Teknik  
jumlah      waktu yang      Universitas  
*user*      ditentukan      Jember  
Berdasarkan  
QoS. Universitas  
Jember:Fakultas  
Teknik.
- 5      Perbandin      Implementa      TCL      Analisa      Pandey, 2013.  
gan      si      *Wired scripts*      statik dan      *Performance*

	jaringan tanpa kabel dan kabel	and Wireless network		dinamis routing dan performans i jaringan wireless	Analysis of Wired Wireless Network Using NS2 Simulator.SRM University.
7	Desain jaringan wireless	Implemetasi di NS-2	cryptograp hy	Deskripsi plaintext berhasil dengan kriptografi	Sirwan, 2012. Design of Wireless Network Based On NS2. University of Sulaiman- Iraq:Faculty of Electrical engineering

Tabel 2.1 Matrik perumusan masalah

## 2.2 Media Transmisi

Media transmisi adalah media yang dapat digunakan untuk mengirimkan informasi dari suatu tempat ke tempat lain. Dalam jaringan, semua media yang dapat menyalurkan gelombang listrik atau elektromagnetik atau cahaya dapat dipakai sebagai media pengirim, baik untuk pengiriman dan penerimaan data. Pilihan media transmisi (pengirim) untuk keperluan komunikasi data tergantung pada beberapa faktor, seperti harga, performance jaringan yang dikehendaki, ada atau tidaknya medium tersebut. (Sumber : *Permana, 2014*)

### 2.2.1 Media Transmisi Guided

*Guided* media menyediakan jalur transmisi sinyal yang terbatas secara fisik, meliputi *twisted-pair cable*, *coaxial cable* (kabel koaksial) dan *fiberoptic cable* (kabel serat optik). Sinyal yang melewati media-media tersebut diarahkan dan dibatasi oleh batas fisik media. *Twisted-pair* dan *coaxial cable* menggunakan konduktor logam yang menerima dan mentransmisikan sinyal dalam bentuk aliran listrik. *Optical fiber*/serat optik menerima dan mentransmisikan sinyal data dalam bentuk cahaya.

## 2.2.1.1 Twister-Pair Cable

Kabel *twisted-pair* terdiri atas dua jenis yaitu *shielded twisted pair* biasa disebut STP dan *unshielded twisted pair* (tidak memiliki selimut) biasa disebut UTP. Kabel *twisted-pair* terdiri atas dua pasang kawat yang 6 terpilin. *Twisted-pair* lebih tipis, lebih mudah putus, dan mengalami gangguan lain sewaktu kabel terpuntir atau kusut. Keunggulan dari kabel *twisted-pair* adalah dampaknya terhadap jaringan secara keseluruhan: apabila sebagian kabel *twisted-pair* rusak, tidak seluruh jaringan terhenti, sebagaimana yang mungkin terjadi pada *coaxial*. Kabel *twisted-pair* terbagi atas dua yaitu: (Sumber : Permana, 2014)

### 1. *Shielded Twisted-Pair*

Kabel STP mengkombinasikan teknik-teknik perlindungan dan antisipasi tekukan kabel. STP yang peruntukan bagi instalasi jaringan ethernet, memiliki resistansi atas interferensi elektromagnetik dan frekuensi radio tanpa perlu meningkatkan ukuran fisik kabel. *Kabel Shielded Twister- Pair* nyaris memiliki kelebihan dan kekurangan yang sama dengan kabel UTP. Satu hal keunggulan STP adalah jaminan proteksi jaringan dari interferensi-interferensi eksternal, sayangnya STP sedikit lebih mahal dibandingkan UTP.

Tidak seperti kabel *coaxial*, lapisan pelindung kabel STP bukan bagian dari sirkuit data, karena itu perlu diground pada setiap ujungnya. Pada prakteknya, melakukan ground STP memerlukan kejelian. Jika terjadi ketidaktepatan, dapat menjadi sumber masalah karena bisa menyebabkan pelindung bekerja sebagai layaknya sebuah antena, menghisap sinyal-sinyal elektrik dari kawat-kawat dan sumber-sumber listrik lain disekitarnya. Kabel STP tidak dapat dipakai dengan

jarak lebih jauh sebagaimana media-media lain (seperti kabel *coaxial*) tanpa bantuan *device* penguat (*repeater*).

Spesifikasi *Shield Twisted-pair* sebagai berikut :

- a. Kecepatan dan keluaran: 10-100 Mbps
- b. Biaya rata-rata per node: sedikit mahal dibandingkan UTP dan coaxial
- c. Media dan ukuran konektor: medium
- d. Panjang kabel maksimum yang diizinkan : 100 m (pendek).



Gambar 2.1 *Shield Twisted-Pair (STP)*

(Sumber : Wahidin Huda Permana, 2014)

## 2. *Unshielded Twisted-Pair (UTP)*

Secara fisik, kabel *Unshielded Twisted-Pair* terdiri atas empat pasang kawat medium. Setiap pasang dipisahkan oleh lapisan pelindung. Tipe kabel ini semata-mata mengandalkan efek konselasi yang diproduksi oleh pasangan-pasangan kawat, untuk membatasi *degradasi* sinyal. Seperti halnya STP, kabel UTP juga harus mengikuti *rule* yang benar terhadap beberapa banyak tekukan yang diizinkan perkaki kabel.

UTP digunakan sebagai media networking dengan impedansi 100 Ohm. Hal ini berbeda dengan tipe pengkabelan *twister-pair* lainnya seperti pengkabelan untuk telepon. Karena UTP memiliki diameter eksternal 0,43 cm, ini menjadikannya mudah saat instalasi. UTP juga mendukung arsitektur - arsitektur jaringan pada umumnya sehingga menjadi sangat populer.

Spesifikasi *Unshielded Twisted-Pair* sebagai berikut :

- a. Kecepatan dan keluaran: 10 – 100 Mbps
- b. Biaya rata-rata per node: murah
- c. Media dan ukuran: kecil

d. Panjang kabel maksimum yang diizinkan : 100m (pendek).



Gambar 2.2 *Unshielded Twisted-Pair (UTP)*

(Sumber : *Wahidin Huda Permana, 2014*)

Kabel UTP memiliki banyak keunggulan. Selain mudah dipasang, ukurannya kecil, juga harganya lebih murah dibanding media lain. Kekurangan kabel UTP adalah rentang terhadap efek interferensi listrik yang berasal dari media atau perangkat-perangkat di sekelilingnya. Meski begitu, pada prakteknya para *administrator* jaringan banyak menggunakan kabel ini sebagai media yang efektif dan cukup diandalkan.

UTP terdapat pula pembagian jenis yakni:

- a. Kategori 1 mampu mentransmisikan data kecepatan rendah. Contoh: kabel telepon.
- b. Kategori 2 mampu mentransmisikan data lebih cepat dibanding kategori 1. Dapat digunakan untuk transmisi digital dengan *bandwidth* hingga 4 MHz.
- c. Kategori 3 mampu mentransmisikan data hingga 16 MHz.
- d. Kategori 4 mampu mentransmisikan data hingga 20 MHz.
- e. Kategori 5 digunakan untuk transmisi data yang memerlukan *bandwidth* hingga 100 MHz.

### 2.2.1.2 *Coaxial Cable* (Kabel Koaksial)

Kabel *coaxial* atau populer disebut “*coax*” terdiri atas konduktor silindris melingkar, yang mengelilingi sebuah kabel tembaga inti yang konduktif. Untuk LAN, kabel *coaxial* menawarkan beberapa keunggulan. Diantaranya dapat dijalankan dengan tanpa banyak membutuhkan bantuan repeater sebagai penguat



untuk komunikasi jarak jauh diantara node *network*, dibandingkan kabel STP atau UTP. *Repeater* juga dapat diikutsertakan untuk meregenerasi sinyal-sinyal dalam jaringan *coaxial* sehingga dalam instalasi *network* cukup jauh dapat semakin optimal. Kabel *coaxial* juga jauh lebih murah dibanding *Fiber optic*, *coaxial* merupakan teknologi yang sudah lama dikenal. Digunakan dalam berbagai tipe komunikasi data sejak bertahun-tahun, baik di jaringan rumah, kampus, maupun perusahaan. (Sumber : *Permana, 2014*)

Spesifikasi Kabel koaksial sebagai berikut :

- a. Kecepatan dan keluaran: 10 -100 Mbps
- b. Biaya rata-rata per node: murah
- c. Media dan ukuran konektor: medium
- d. Panjang kabel maksimum: 200m (disarankan 180m) untuk *thin coaxial* dan 500m untuk *thick-coaxial*.



Gambar 2.3 Kabel Koaksial (*Coaxial Cable*)

(Sumber : *Wahidin Huda Permana, 2014*)

Saat bekerja dengan kabel, penting bagi kita untuk mempertimbangkan ukurannya; seperti ketebalan, diameter, pertambahan kabel sehingga akan menjadi pertimbangan atas kesulitan saat instalasi dilapangan. Kita juga harus ingat bahwa kabel akan mengalami tarikan-tarikan dan tekukan di dalam pipa. Kabel *coaxial* datang dalam beragam ukuran. Diameter terbesar diperuntukkan sebagai *backbone Ethernet* karena secara historis memiliki ketahanan transmisi dan daya tolak interferensi yang lebih besar. Tipe kabel *coaxial* ini sering disebut dengan *thicknet*, namun dewasa ini sudah banyak ditinggalkan. Kabel *coaxial* lebih mahal saat diinstal dibandingkan kabel *twisted-pair*.

### 2.2.1.3 *Fiber Optic Cable* (Kabel Serat Optik)



Kabel *fiber optic* merupakan media *networking* yang mampu digunakan untuk transmisi - transmisi modulasi. Jika dibandingkan media - media lain, *fiber optic* memiliki harga lebih mahal, tetapi cukup tahan terhadap interferensi elektromagnetis dan mampu beroperasi dengan kecepatan dan kapasitas data yang tinggi. Kabel *fiber optic* dapat mentransmisikan puluhan juta *bit* digital perdetik pada *link* kabel *optic* yang beroperasi dalam sebuah jaringan komersial. Ini sudah cukup untuk mengantarkan ribuan panggilan telepon. (Sumber : Permana, 2014)

Beberapa keuntungan kabel serat optik :

- a. Kecepatan: jaringan-jaringan *fiber optic* beroperasi pada kecepatan tinggi, mencapai *gigabits per second*.
- b. *Bandwidth*: *fiber optic* mampu membawa paket-paket dengan kapasitas besar.
- c. *Distance*: sinyal-sinyal dapat ditransmisikan lebih jauh tanpa memerlukan perlakuan “*refresh*” atau “diperkuat”;
- d. *Resistance*: daya tahan kuat terhadap imbas elektromagnetik yang dihasilkan perangkat-perangkat elektronik seperti radio, motor, atau bahkan kabel-kabel transmisi lain di sekelilingnya.
- e. *Maintenance*: kabel-kabel *fiber optic* memakan biaya perawatan relative murah.



Gambar 2.4 Fiber Optik

(Sumber : Wahidin Huda Permana, 2014)

Tipe-tipe kabel *fiber optic*:

- a. Kabel *single mode* merupakan sebuah serat tunggal dari *fiber glass* yang memiliki diameter 8.3 hingga 10 *micron*. (satu *micron* besarnya sekitar 1/250 tebal rambut manusia).
- b. Kabel *multimode* adalah kabel yang terdiri atas multi serat *fiber glass*, dengan kombinasi (*range*) diameter 50 hingga 100 *micron*. Setiap fiber dalam kabel *multimode* mampu membawa sinyal independen yang berbeda dari fiber-fiber lain dalam bundel kabel.
- c. *Plastic Optical Fiber* merupakan kabel berbasis plastik terbaru yang memiliki *performa familiar* dengan kabel *single mode*, tetapi harganya sedikit murah.

## 2.3 Topologi Jaringan

Topologi (dari bahasa Yunani *topos*, "tempat", dan *logos*, "ilmu") merupakan cabang matematika yang bersangkutan dengan tata ruang yang tidak berubah dalam deformasi dwi kontinu (yaitu ruang yang dapat ditekuk, dilipat, disusut, direntangkan, dan dipilin tetapi tidak diperkenankan untuk dipotong, dirobek, ditusuk atau dilekatkan). Ia muncul melalui pengembangan konsep dari geometri dan teori himpunan, seperti ruang, dimensi, bentuk, transformasi.

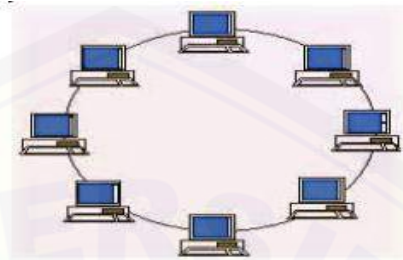
Topologi jaringan komputer adalah suatu cara menghubungkan komputer yang satu dengan komputer lainnya sehingga membentuk jaringan. Dalam suatu jaringan komputer jenis topologi yang dipilih akan mempengaruhi kecepatan komunikasi. Untuk itu maka perlu dicermati kelebihan/keuntungan dan kekurangan/kerugian dari masing-masing topologi berdasarkan kateristiknya.

Topologi pada dasarnya adalah peta dari sebuah jaringan. Topologi jaringan terbagi lagi menjadi dua yaitu topologi secara fisik (*physical topology*) dan topologi secara logika (*logical topology*). Topologi secara fisik menjelaskan bagaimana susunan dari label, komputer dan lokasi dari semua komponen jaringan. Sedangkan topologi secara logika menetapkan bagaimana informasi atau aliran data dalam jaringan. (Sumber : *Subekti, 2015*)

### 2.3.1 Jenis Topologi Jaringan

## 2.3.1.1 Topologi *Ring*

Pada topologi *Ring* setiap komputer dihubungkan dengan komputer lain dan seterusnya sampai kembali lagi ke komputer pertama, dan membentuk sebuah lingkaran. (Sumber : *Subekti, 2015*)



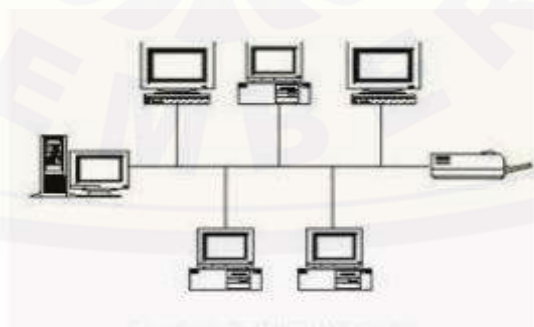
Gambar 2.5 Topologi *Ring*

(Sumber : *Bayu Prakoso Subekti, 2015*)

- a. Kelebihan dari topologi ini adalah kemudahan dalam proses pemasangan dan instalasi, penggunaan jumlah kabel LAN yang sedikit sehingga akan menghemat biaya.
- b. Kekurangan dari topologi ini adalah jika salah satu dari komputer atau kabel bermasalah, maka pengiriman data akan terganggu bahkan *error*.

## 2.3.1.2 Topologi *Bus*

Topologi ini tersusun rapi seperti antrian dan menggunakan hanya satu kabel *coaxial* dan setiap komputer terhubung ke kabel yang menggunakan konektor BNC, dan kedua ujung dari kabel *coaxial* harus diakhiri oleh terminator. (Sumber : *Subekti, 2015*)



Gambar 2.6 Topologi *Bus*

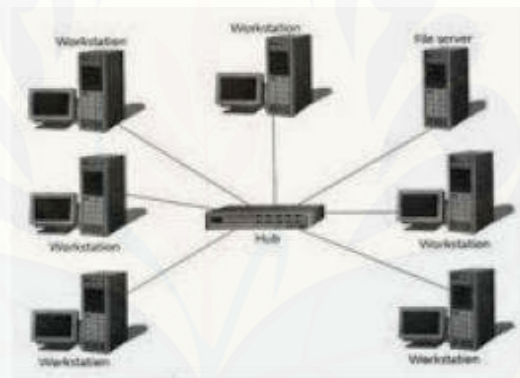
(Sumber : *Bayu Prakoso Subekti, 2015*)

- a. Kelebihan topologi ini adalah kabel yang digunakan tidak banyak dan menghemat biaya pemasangan.

- b. Kekurangan topologi ini adalah jika terjadi gangguan pada satu komputer dapat mengganggu jaringan di komputer lain, dan untuk topologi ini sangat sulit untuk mendeteksi adanya gangguan, sering terjadi antrian data, dan juga membutuhkan *repeater* jika jaraknya jauh.

### 2.3.1.3 Topologi *Star*

Topologi ini membentuk seperti bintang karena semua komputer dihubungkan ke sebuah *hub* atau *switch* dengan kabel UTP, sehingga *hub* atau *switch* sebagai pusat dari jaringan dan bertugas untuk mengontrol lalu lintas data. Topologi ini yang sering digunakan untuk instalasi jaringan. (Sumber : *Subekti, 2015*)



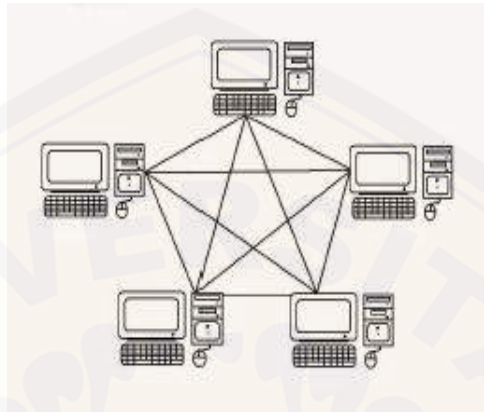
Gambar 2.7 Topologi *Star*

(Sumber : *Bayu Prakoso Subekti, 2015*)

- a. Kelebihan dari topologi ini adalah sangat mudah mendeteksi komputer mana yang mengalami gangguan, mudah untuk melakukan penambahan atau pengurangan komputer tanpa mengganggu yang lain, serta tingkat keamanannya jauh lebih tinggi
- b. Kekurangan dari topologi ini adalah membutuhkan biaya yang tinggi untuk pemasangan, jumlah kabel, *switch*. Kestabilan jaringan sangat tergantung pada terminal pusat.

### 2.3.1.4 Topologi *Mesh*

Pada topologi ini setiap komputer akan terhubung dengan komputer lain dalam jaringannya menggunakan kabel tunggal, jadi proses pengiriman data akan langsung mencapai komputer tujuan tanpa melalui komputer lain. (Sumber : *Subekti, 2015*)



Gambar 2.8 Topologi *Mesh*

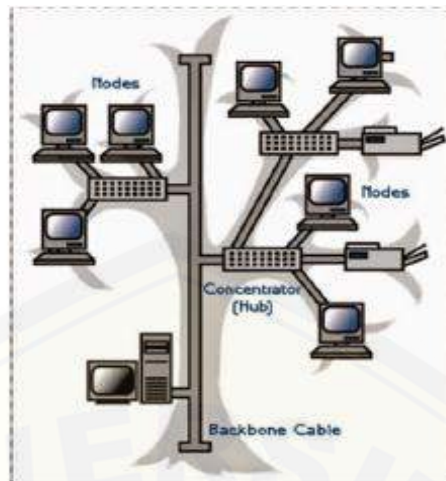
(Sumber : *Bayu Prakoso Subekti, 2015*)

- a. Kelebihan dari topologi ini adalah proses pengiriman lebih cepat dan tanpa melalui komputer lain. Jika salah satu komputer mengalami gangguan tidak akan mengganggu komputer lain.
- b. Kekurangan dari topologi ini adalah membutuhkan biaya sangat mahal karena membutuhkan kabel yang sangat banyak dan setiap komputer harus memiliki PORT I/O yang banyak juga.

### 2.3.1.5 Topologi *Tree*

Topologi ini merupakan gabungan dari topologi *star* dan *bus*, jadi setiap topologi *star* akan terhubung dengan topologi *star* lainnya dengan menggunakan topologi *bus*. Biasanya dalam topologi ini terdapat beberapa tingkatan jaringan dan pada jaringan yang berada pada tingkat yang lebih tinggi dapat mengontrol jaringan yang berada pada tingkat yang lebih rendah. (Sumber : *Subekti, 2015*)





Gambar 2.9 Topologi Tree

(Sumber : Bayu Prakoso Subekti, 2015)

- a. Kelebihan topologi ini adalah mudah menemukan suatu kesalahan juga mudah melakukan perubahan jaringan jika diperlukan.
- b. Kekurangan topologi ini adalah menggunakan banyak kabel, dan sering terjadi tabrakan data. Mudah mengalami gangguan.

#### 2.4 Quality of Service (QoS)

*Quality of Service (QoS)* adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan *bandwidth*, mengatasi *jitter* dan *delay*. Parameter *QoS* adalah *latency*, *jitter*, *packet loss*, *throughput*, *MOS*, *echo cancellation* dan *PDD*. *QoS* sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan. Terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan nilai *QoS*, seperti : *redaman*, *distorsi*, dan *noise*. (Fatoni, 2011).

*QoS* didesain untuk membantu *end user (client)* menjadi lebih *produktif* dengan memastikan bahwa *user* mendapatkan performansi yang handal dari aplikasiaplikasi berbasis jaringan. *QoS* mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda - beda. *QoS* menawarkan kemampuan untuk mendefinisikan atribut - atribut layanan yang disediakan, baik secara *kualitatif* maupun *kuantitatif*.



Pentingnya sebuah analisis *QoS* untuk sebuah sistem jaringan internet yaitu sebagai berikut:

- a. Untuk memberikan prioritas untuk aplikasi – aplikasi yang kritis pada jaringan.
- b. Untuk memaksimalkan penggunaan investasi jaringan yang sudah ada.
- c. Untuk meningkatkan performansi untuk aplikasi – aplikasi yang sensitif terhadap *delay* seperti audio dan video.
- d. Untuk merespon terhadap adanya perubahan – perubahan pada aliran *traffic* di jaringan internet.

Kualitas layanan jaringan dapat dibedakan menjadi tiga jenis (Sumber : *Subekti, 2015*), yaitu:

## 1. *Intrinsic QoS*

*Intrinsic QoS* merupakan kualitas layanan jaringan yang di dapat melalui :

- a) Desain teknis jaringan yang menentukan karakteristik koneksi yang melalui jaringan.
- b) Kondisi akses jaringan, terminasi, *link* antar *switch* yang menentukan suatu jaringan akan memiliki kapasitas yang memadai untuk menangani semua permintaan pengguna.

Dengan kata lain, *intrinsic QoS* tersebut dapat dideskripsikan dengan parameter-parameter kinerja suatu jaringan, seperti *latency*, *throughput*, dan lain-lain.

## 2. *Perceived QoS*

*Perceived QoS* merupakan kualitas layanan jaringan yang diukur ketika suatu layanan digunakan. *Perceived QoS* sangat tergantung dari kualitas *intrinsic QoS* dan pengalaman pengguna pelayanan yang sejenis, namun *Perceived QoS* ini diukur dengan nilai *mean option score* (MOS) dari pengguna.

## 3. *Assessed QoS*

*Assessed QoS* merujuk kepada seberapa besar keinginan pengguna untuk terus menikmati suatu layanan tertentu. Hal ini berdampak pada keinginan pengguna untuk membayar jasa atas layanan yang dinikmatinya. *Assessed QoS* ini sangat tergantung dari *perceived QoS* masing-masing pengguna.

Tabel 2.2 Indeks parameter *QoS*

Nilai	Persentase (%)	Indeks
3,8 – 4	95 – 100	Sangat Memuaskan
3 – 3,79	75 – 95,75	Memuaskan
2 – 2,99	50 – 74,75	Kurang Memuaskan
1 – 1,99	25 – 49,75	Buruk

( Sumber : TIPHON) (*Bayu Prakoso Subekti, 2015*)

Adapun tingkatan *QoS* secara umum yang terbagi menjadi tiga yaitu :

1. *Best – effort Service*

Digunakan untuk melakukan semua usaha agar dapat mengirimkan sebuah paket data ke suatu tujuan. Penggunaan *best – effort service* tidak akan memberikan jaminan agar paket data dapat sampai ke tujuan yang dikehendaki. Sebuah aplikasi dapat mengirimkan data dengan besar yang bebas kapan saja tanpa harus meminta izin atau mengirimkan pemberitahuan ke jaringan. Beberapa aplikasi dapat menggunakan *best – effort service*, sebagai contohnya FTP dan HTTP yang dapat mendukung *best – effort service* tanpa mengalami permasalahan. Untuk aplikasi – aplikasi yang sensitif terhadap *network delay*, *fluktuasi bandwidth*, dan perubahan kondisi jaringan, penerapan *best – effort service* bukanlah suatu tindakan yang bijaksana.

2. *Integrated Service*

Model ini menyediakan aplikasi dengan tingkat jaminan layanan melalui negosiasi parameter – parameter jaringan secara *end - to - end*. Aplikasi ini akan meminta tingkat layanan yang dibutuhkan untuk dapat beroperasi dan bergantung pada mekanisme *QoS* untuk menyediakan sumber daya jaringan yang dimulai sejak permulaan transmisi dari aplikasi tersebut. Aplikasi tidak akan menerima *traffic*, sebelum menerima tanda bahwa jaringan mampu menerima beban yang akan dikirimkan aplikasi dan juga mampu menyediakan *QoS* yang diminta secara *end – to - end*. Untuk itulah sebuah jaringan akan melakukan suatu proses yang

disebut *admission control*. Langkah ini adalah suatu mekanisme yang mencegah sebuah jaringan mengalami *over – loaded*. Jika *QoS* yang diminta tidak dapat disediakan, maka jaringan tidak akan mengirimkan tanda ke aplikasi agar dapat memulai untuk mengirimkan data. Jika aplikasi telah mengirimkan data, maka sumber daya pada jaringan yang sudah dipesan aplikasi tersebut akan terus dikelola secara *end – to - end* sampai aplikasi tersebut selesai.

### 3. *Differentiated Service*

Model terakhir dari *QoS* adalah model *differentiated service*. *Differentiated service* menyediakan suatu set perangkat klasifikasi dan mekanisme antrian terhadap protokol - protokol atau aplikasi - aplikasi dengan prioritas tertentu di atas jaringan yang berbeda. *Differentiated service* bergantung pada kemampuan *edge router* untuk memberikan klasifikasi dari paket - paket yang berbeda tipenya yang melewati jaringan. Trafik jaringan dapat diklasifikasikan berdasarkan alamat jaringan, *protocol* dan *port*, ingress interface, atau klasifikasi lainnya selama masih didukung oleh *standard access list* atau *extended access list*. ( Sumber : Bayu Prakoso Subekti, 2015)

## 2.4.1 Parameter Quality of Service (QoS)

### 2.4.1.1 Packet Loss

Merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah bandwidth cukup tersedia untuk aplikasi aplikasi tersebut. (Sumber : Bayu Prakoso Subekti, 2015)

Tabel 2.3 Kategori *Packet loss*

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

(Sumber : *TIPHON*) (Bayu Prakoso Subekti ,2015)

Adapun persamaan yang digunakan adalah

$$Packet\ Loss = \frac{Y}{A} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

Y = *Packet* data dikirim – *Packet* data diterima

A = *Packet* data dikirim

2.4.1.2 *Delay (Latency)*

*Delay* adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Menurut versi *TIPHON* (Bayu Prakoso Subekti, 2015), besarnya *delay* dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2.4 Kategori *Delay*

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

(Sumber : *TIPHON*) (Bayu Prakoso Subekti ,2014)

Adapun persamaan yang digunakan adalah

$$Delay = \frac{Packet\ Length}{Link\ Bandwith} \dots\dots\dots(2)$$

### 2.4.1.3 Jitter

*Jitter* lazimnya disebut variasi *delay*, berhubungan erat dengan *latency*, yang menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data di jaringan. *Delay* antrian pada *router* dan *switch* dapat menyebabkan *jitter*. Hal ini diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket di akhir perjalanan *jitter*.. Terdapat empat kategori penurunan performansi jaringan berdasarkan nilai *peak jitter* sesuai dengan versi *TIPHON* (Sumber : *Subekti, 2015*) yaitu :

Tabel 2.5 Kategori *Jitter*

Kategori Degradasi	Peak Jitter (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	0 s/d 75	3
Sedang	75 s/d 125	2
Buruk	125 s/d 225	1

(Sumber : *TIPHON*) (*Bayu Prakoso Subekti, 2014*)

Adapun persamaan yang digunakan adalah

$$Jitter = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \dots\dots\dots(3)$$

dan Total variasi *delay* = *Delay* – (rata – rata *delay*)

### 2.4.1.4 Throughput

Yaitu kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. (Sumber : *Bayu Prakoso Subekti, 2015*).



Tabel 2.6 Kategori *Throughput*

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

(Sumber : *TIPHON*) (Bayu Prakoso Subekti ,2014)

Adapun persamaan yang digunakan adalah

$$Throughput = \frac{\text{Packet data diterima}}{\text{Lama pengamatan}} \dots\dots\dots(4)$$

2.4.1.5 Mean Opinion Source (MOS)

Kualitas sinyal yang diterima biasanya diukur secara subjektif dan objektif. Metode pengukuran subjektif yang umum dipergunakan dalam pengukuran kualitas *speech coder* adalah ACR (*Absolute Category Rating*) yang akan menghasilkan nilai MOS. Tes subyektif ACR meminta pengamat untuk menentukan kualitas suatu *speech coder* tanpa membandingkannya dengan sebuah referensi. Skala rating umumnya mempergunakan penilaian yaitu berturut – turut: *Excellent, Good, Fair, Poor* dan *Bad* dengan nilai MOS berturut – turut: 5, 4, 3, 2 dan 1. Kualitas suara minimum mempunyai nilai setara MOS 4.0 (Sumber : *Sasmita ,2014*)

Tabel 2.7 Kategori MOS

Kategori <i>Throughput</i>	Nilai	Indeks
Sangat Baik	5	4
Baik	4	3
Cukup	3	2
Kurang Baik	2	1
Buruk	1	0

(Sumber : *TIPHON*) (Wahyu Patrya Sasmita ,2014)



## 2.4.1.6 Echo Cancellation

Untuk menjamin kualitas layanan *voice over packet* terutama disebabkan oleh *echo* karena *delay* yang terjadi pada jaringan paket maka perangkat harus menggunakan teknik *echo cancellation*. Persyaratan performansi yang diperlukan untuk *echo canceller* harus mengacu standar internasional ITU G.165 atau G.168.

## 2.4.1.7 Post Dial Delay (PDD)

PDD (PostDial Delay) yang diijinkan kurang dari 10 detik dari saat digit terakhir yang dimasukkan sampai mendapatkan *ringing back*.

## 2.4.2 Faktor yang mempengaruhi Quality of Service (QoS)

### 2.4.2.1 Redaman

Yaitu jatuhnya kuat sinyal karena penambahan jarak pada media transmisi. Setiap media transmisi memiliki redaman yang berbedabeda, tergantung dari bahan yang digunakan. Untuk mengatasi hal ini, perlu digunakan repeater sebagai penguat sinyal. Pada daerah frekuensi tinggi biasanya mengalami redaman lebih tinggi dibandingkan pada daerah frekuensi rendah. (Sumber : Bayu Prakoso Subekti, 2015).

### 2.4.2.2 Distorsi

Fenomena yang disebabkan bervariasinya kecepatan propagasi karena perbedaan *bandwidth*. Untuk itu, dalam komunikasi dibutuhkan *bandwidth* transmisi yang memadai dalam mengakomodasi adanya spektrum sinyal. Dianjurkan digunakan pemakaian *bandwidth* yang seragam, sehingga distorsi dapat dikurangi. (Sumber : Bayu Prakoso Subekti, 2015)

### 2.4.2.3 Noise

Noise ini sangat berbahaya, karena jika terlalu besar akan dapat mengubah data asli yang dikirimkan. (Sumber : Bayu Prakoso Subekti, 2015)

Adapun jenis – jenis *noise* dalam jaringan adalah :

## 1. *Thermal Noise*

- a. Terjadi pada media transmisi bila suhunya diatas suhu mutlak
- b. Akibat pergerakan elektron secara *random* dan memiliki karakteristik energi terdistribusi seragam.
- c. Menjadi faktor yang menentukan batas bawah sensitifitas sistem penerima

## 2. *Intermodulation Noise*

- a. Terjadi karena ketidak – linieran komponen transmitter dan receiver.
- b. Sinyal output merupakan penjumlahan dan perbedaan dari sinyal input.
- c. Sistem diharapkan linear sehingga sinyal *input = output*.

## 3. *Impulse Noise*

- a. Pulsa – pulsa *irreguler* atau *spikes*
- b. Durasi pendek
- c. Amplitudo tinggi
- d. Pengaruh kecil pada komunikasi telepon analog
- e. Pengaruh besar pada komunikasi data

## 4. *Crosstalk*

- a. Gabungan yang tidak diinginkan antar lintasan sinyal – media metal
- b. Frekuensi yang buruk sehingga terjadi interferensi

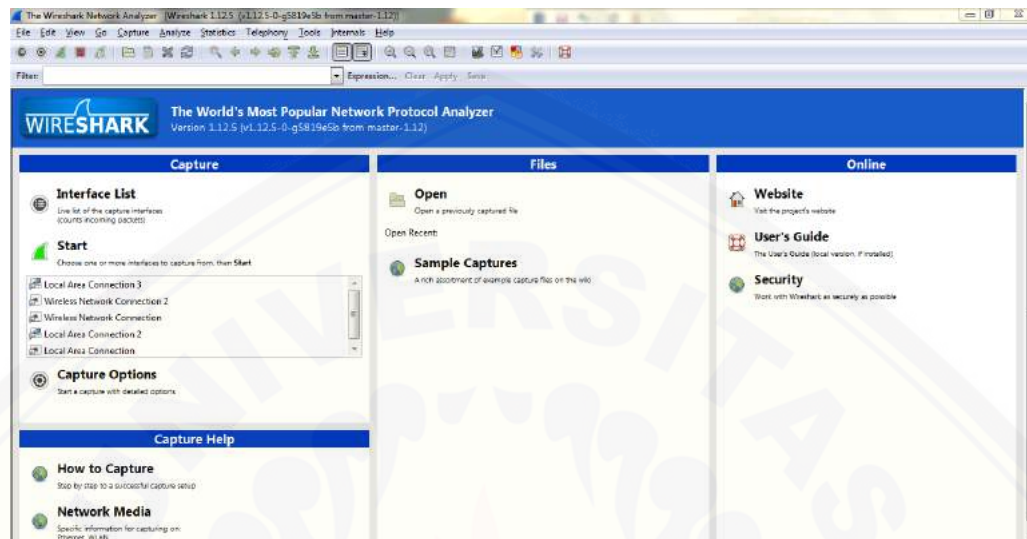
## 5. Echo

- a. Terjadinya ketika sinyal yang dikirim oleh transmitter kembali (feedback).

## 2.5 *Wireshark*

Wireshark merupakan salah satu *tools* atau aplikasi „*Network Analyze*” atau Penganalisa Jaringan. Penganalisaan Kinerja Jaringan itu dapat melingkupi berbagai hal, mulai dari proses menangkap paket-paket data atau informasi yang berlalu-lalang dalam jaringan, sampai pada digunakan pula untuk sniffing (memperoleh informasi penting seperti *password email*, dll). *Wireshark* sendiri merupakan *free tools* untuk *Network Analyzer* yang ada saat ini. Dan tampilan dari *wireshark* ini sendiri terbilang sangat bersahabat dengan *user* karena

menggunakan tampilan grafis atau GUI (*Graphical User Interface*). (Sumber : Subekti, 2015)



Gambar 2.10 *Wireshark Window Layout*

(Sumber: *capture Wireshark*)

### 2.5.1 Fungsi dari *Software Wireshark*

Wireshark digunakan untuk *troubleshooting* jaringan, analisis, perangkat lunak dan pengembangan protokol komunikasi, dan pendidikan. Wireshark banyak digunakan oleh *network admin* untuk menganalisa kinerja jaringannya. *Wireshark* mampu menangkap data/informasi yang melewati suatu jaringan yang kita amati. Dengan kata lain *wireshark* digunakan untuk mengetahui kejadian yang terjadi pada saat kita melakukan interaksi dengan internet. Dengan *wireshark* dapat dilihat proses pengiriman data dari komputer ke *web* yang dituju. Semua jenis paket informasi dalam berbagai format protokol pun akan dengan mudah ditangkap dan dianalisa. Karenanya tak jarang *tool* ini juga dapat dipakai untuk *sniffing* (memperoleh informasi penting seperti *password email* atau *account* lain) dengan menangkap paket-paket yang lalu lalang di dalam jaringan dan menganalisanya. *Wireshark* dapat berjalan pada berbagai sistem operasi mirip *Unix* termasuk *Linux*, *Mac OS X*, *BSD*, dan *Solaris*, dan *Microsoft Windows* (*Windows XP64 / Vista64 / Windows7 64*).

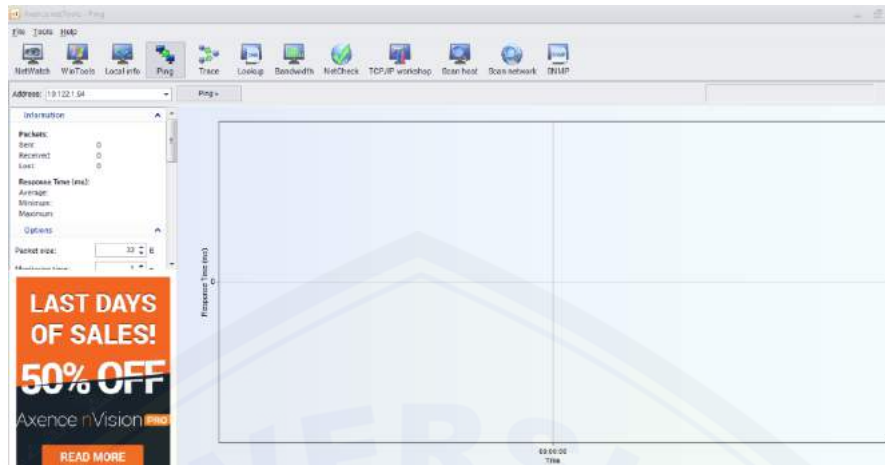
Data dapat dibaca dari sejumlah jenis jaringan, termasuk *Ethernet*, IEEE 802.11, PPP, dan *loopback*. Semasa jaringan masih menggunakan hub, para pemakai jaringan amat mudah „melihat“ isi percakapan dari para pemakai jaringan lainnya, karena teknologi *hub* memang masih bersifat *shared*. *Shared* yang dimaksud di sini adalah, walaupun komputer A hanya berbicara dengan komputer B, percakapan mereka dapat didengar oleh komputer C yang dimasukkan ke hub yang sama dengan A dan B. Masih teringat jelas saat bekerja di sebuah perusahaan yang memakai *hub*, dan di pagi hari penulis dapat meng-crack semua *user password* pada saat *login* ke NT Domain memakai *software l0phtcrack*.

Dengan adanya switch, hal tersebut di atas tidak mungkin terjadi ( walaupun masih mungkin dilakukan dengan teknik-teknik seperti *ARP poisoning* ), karena teknologi *switch* membuat jalur *virtual* untuk komunikasi antar pemakainya. Salah satu cara yang bisa dilakukan jika ingin meng-*sniff* jaringan di lingkungan *switch* adalah melakukan proses *port mirroring* dari *switch* tersebut ke salah satu *port* di mana kita memasang *software sniffer* kita. Namun , biasanya hanya *product switch* yang *manage-able* yang bisa melakukan hal ini. Jika switch kita memakai *unmanaged*, maka prosesnya akan lebih rumit. (Sumber : Bayu Prakoso Subekti, 2015)

## 2.6 Axence NetTools Pro 5.0

*Axence NetTools* merupakan *software* untuk mengukur performa jaringan dan dapat dengan cepat mendiagnosa masalah yang ada pada jaringan. *Axence NetTools* solusi yang baik untuk mengukur performa jaringan dan dapat dengan cepat mendiagnosa masalah yang ada pada jaringan. Komponen yang paling kuat adalah *NetWatch* grafis dengan riwayat waktu respon dan paket loss (untuk memantau ketersediaan *host*). Hal ini juga terdiri dari komponen-komponen lainnya seperti *trace*, *lookup*, *port scanner*, *network scanner*, dan *browser SNMP*. Apa yang membuat *NetTools* unik, adalah antarmuka pengguna yang sangat intuitif. (Sumber : Subekti, 2015)





Gambar 2.11 Axence NetTools Pro 5.0 Window Layout

(Sumber : Axence NetTools Pro 5.0 )

## 2.7 Simulasi Network (NS-2)

NS adalah suatu simulator jaringan terkendali atau *cuplikan* yang dikembangkan pada UC Berkeley yang menirukan variasi jaringan IP. Simulator ini menempatkan protokol jaringan seperti TCP dan UDP, perilaku sumber traffik seperti FTP, Telnet, Web, Cbr Dan Vbr, mekanisme pengembangan antrian pengarah seperti Ekor Jantai, RED dan CBQ, mengarahkan tahapan seperti Dijkstra dan sebagainya. NS juga menempatkan *multicasting* dan sebagian dari lapisan protokol MAC untuk simulasi LAN. Proyek NS saat ini merupakan bagian dari proyek VINT yang mengembangkan simulasi dari tampilan hasil, analisa, pengubah yang mengubah topologi jaringan yang dihasilkan oleh generator ternama untuk format-format NS. Saat NS (versi 2) yang ditulis dalam C++ dan OTcl (bahasa script Tcl dengan Perluasan objek-berorientasi yang dikembangkan oleh MIT) yang ada.

Komponen utama lainnya pada NS di samping *object* jaringan adalah penjadwal kejadian. Sebuah kejadian dalam NS merupakan suatu paket ID yang unik untuk sebuah paket dengan waktu yang terjadwal dan penunjuk untuk suatu objek yang menangani masalah kejadian. Dalam NS, suatu penjadwal kejadian menjaga jalur dari waktu simulasi dan membawa seluruh kejadian dalam antrian kejadian terjadwal untuk saat ini dengan bantuan komponen jaringan yang sesuai,

di mana biasanya hal tersebut merupakan salah satu hal yang disebutkan dalam kejadian, dan membiarkan hal tersebut menjalankan tindakan yang sesuai yang diwakilkan dengan paket yang ditunjuk oleh kejadian. Komponen jaring berkomunikasi dengan salah satu dari berbagai paket yang berlalu, bagaimanapun komponen ini tidak memakan waktu simulasi actual.

Seluruh komponen jaringan yang dibutuhkan untuk mengisi beberapa waktu simulasi untuk mengatasi satu paket dengan catatan membutuhkan penundaan, memakai pejadwal kejadian dengan mengeluarkan sebuah kejadian untuk paket dan menunggu berhentinya kejadian pada bagiannya sendiri, sebelum melakukan tindakan yang lebih jauh dalam menghandel paket tersebut. Sebagai contoh, suatu komponen saklar jaringan yang mensimulasikan suatu saklar dalam 20 mikro sekon pada pensaklaran mengeluarkan suatu kejadian untuk disaklarkan terhadap penjadwal sebagai suatu kejadian 20 *mikro* sekon untuk selanjutnya. Penjadwal setelah 20 *mikro sekon* mengurutkan ulang kejadian dan membawanya pada komponen saklar, di mana kemudian melewatkan paket tersebut pada suatu komponen jalur keluaran yang sesuai kegunaan lain dari penjadwal kejadian sebagai pewaktu.

NS yang tertulis tidak hanya dalam OTcl tetapi juga dalam C++. Untuk suatu alasan yang *efisien*, NS memisahkan penerapan jalur data dari penerapan jalur control. Untuk mengurangi paket dan kejadian waktu pemrosesan, penjadwal kejadian dan objek komponen jaringan dasar pada saluran data ditulis dan dikompilasi dengan menggunakan C++. Objek yang telah dikompilasi tersebut disesuaikan untuk penerjemah OTcl melalui petalian OTcl yang menciptakan suatu objek OTcl yang cocok untuk setiap objek C++ dan membuat fungsi kontrol dan variable yang dapat dikonfigurasi lalu dispesifikasikan oleh objek C++ yang bertindak sebagai fungsi anggota dan variable anggota pada penyesuaian objek OTcl.

Dalam jalan ini, kontrol dari objek C++ ditujukan untuk OTcl. Hal ini juga mungkin dilakukan untuk menambahkan fungsi anggota dan *variable* objek OTcl C++ terjalur. Objek-objek pada C++ yang tidak perlu dikontrol dalam simulasi atau secara internal yang digunakan oleh objek lain tidaklah perlu dijalurkan pada

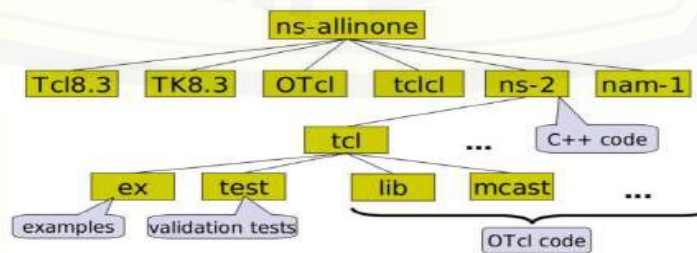


OTcl. Demikian juga suatu objek (bukan dalam jalur data) secara keseluruhan dapat diterapkan dalam OTcl.

### 2.7.1 Struktur Simulasi Network (NS-2)

Ns dibangun menggunakan metoda object oriented dengan bahasa C++ dan OTcl (*variant object oriented* dari Tcl). Seperti terlihat pada Gambar 4, ns-2 menginterpretasikan script simulasi yang ditulis dengan OTcl. Seorang user harus mengeset komponen-komponen (seperti objek penjadwalan *event*, library komponen jaringan, dan library modul *setup*) pada lingkungan simulasi.

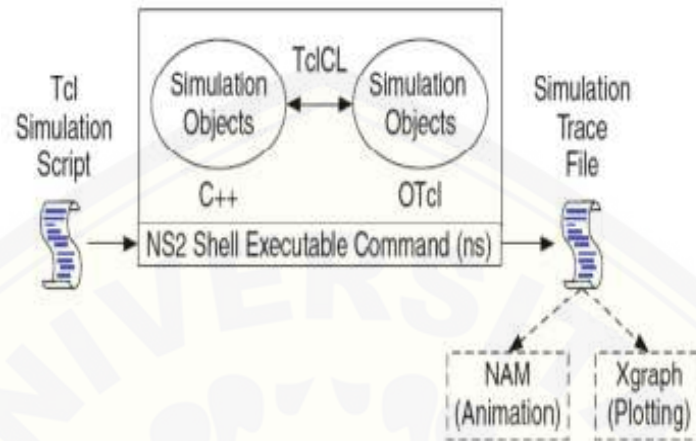
User menuliskan simulasinya dengan script OTcl, dan menggunakan komponen jaringan untuk melengkapi simulasinya. Jika user memerlukan komponen jaringan baru, maka user dengan bebas untuk menambahkan dan mengintegrasikan pada simulasinya atau pada ns-2. penjadwalan *event* (*event scheduler*) berfungsi sebagai komponen utama selain pencetus (*trigger event*) komponen jaringan simulasi (seperti mengirim paket, memulai dan menghentikan tracing). Sebagian dari ns-2 ditulis dalam Bahasa C++ untuk alasan efisiensi. Jalur data (*data path*), ditulis dalam Bahasa C++, dipisahkan dari jalur kontrol (*control path*), ditulis dalam Bahasa OTcl. Objek jalur data dikompilasi dan kemudian interpreter OTcl melalui OTcl linkage (*tclcl*) yang memetakan metode dan variabel pada C++ menjadi objek dan variabel pada OTcl. Objek C++ dikontrol oleh objek OTcl. Hal ini memungkinkan untuk menambahkan metode dan variabel kepada C++ yang dihubungkan dengan objek OTcl. Hirarki linked class pada C++ memiliki korespondansi dengan OTcl, hal ini dapat dilihat pada Gambar dibawah ini:



Gambar 2.12 Komponen Pembangunan NS-2

(Sumber : Aji Sasongko *at al.* 2010)

Hasil yang dikeluarkan oleh ns-2 berupa file trace, harus diproses dengan menggunakan *tool* lain, seperti *Network Animator* (NAM), *perl*, *awk*, atau *gnuplot*.



Gambar 2.13 Arsitektur dasar dari NS-2

(Sumber : Megawan. 2013)

### 2.7.2 Output Simulasi NS2

Pada saat suatu simulasi berakhir, NS akan membuat satu atau lebih *output* yang berisi detail simulasi jika dideklarasikan pada saat membangun simulasi. Ada dua jenis *output* NS, yaitu :

- a. *File trace*, yang digunakan untuk analisa numerik pada simulasi ini adalah pada gambar 2.14.

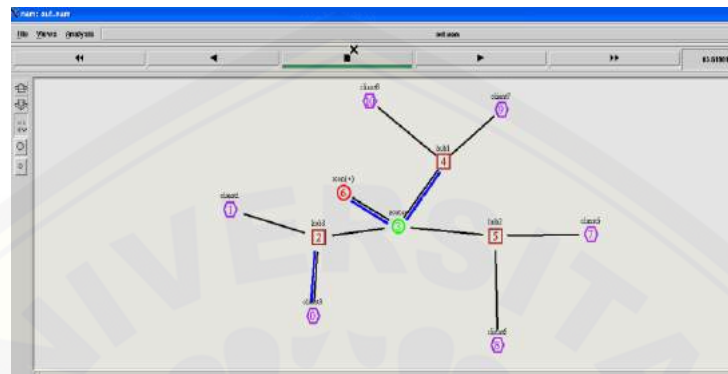
```

+ 0.2 0 2 tcp 40 ----- 1 0.0 4.0 0 0
- 0.2 0 2 tcp 40 ----- 1 0.0 4.0 0 0
r 0.20832 0 2 tcp 40 ----- 1 0.0 4.0 0 0
+ 0.20832 2 3 tcp 40 ----- 1 0.0 4.0 0 0
- 0.20832 2 3 tcp 40 ----- 1 0.0 4.0 0 0
r 0.3096 2 3 tcp 40 ----- 1 0.0 4.0 0 0
+ 0.3096 3 4 tcp 40 ----- 1 0.0 4.0 0 0
- 0.3096 3 4 tcp 40 ----- 1 0.0 4.0 0 0
r 0.360133 3 4 tcp 40 ----- 1 0.0 4.0 0 0
  
```

Gambar 2.14 Tampilan *File Trace* pada NS-2

(Sumber : unjuk kerja simulasi NS-2)

- b. *File Namtrace*, yang digunakan untuk analisa numerik pada simulasi ini adalah pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Tampilan *File Namtrace* pada NS-2  
(Sumber : *capture* simulasi NS-2)

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

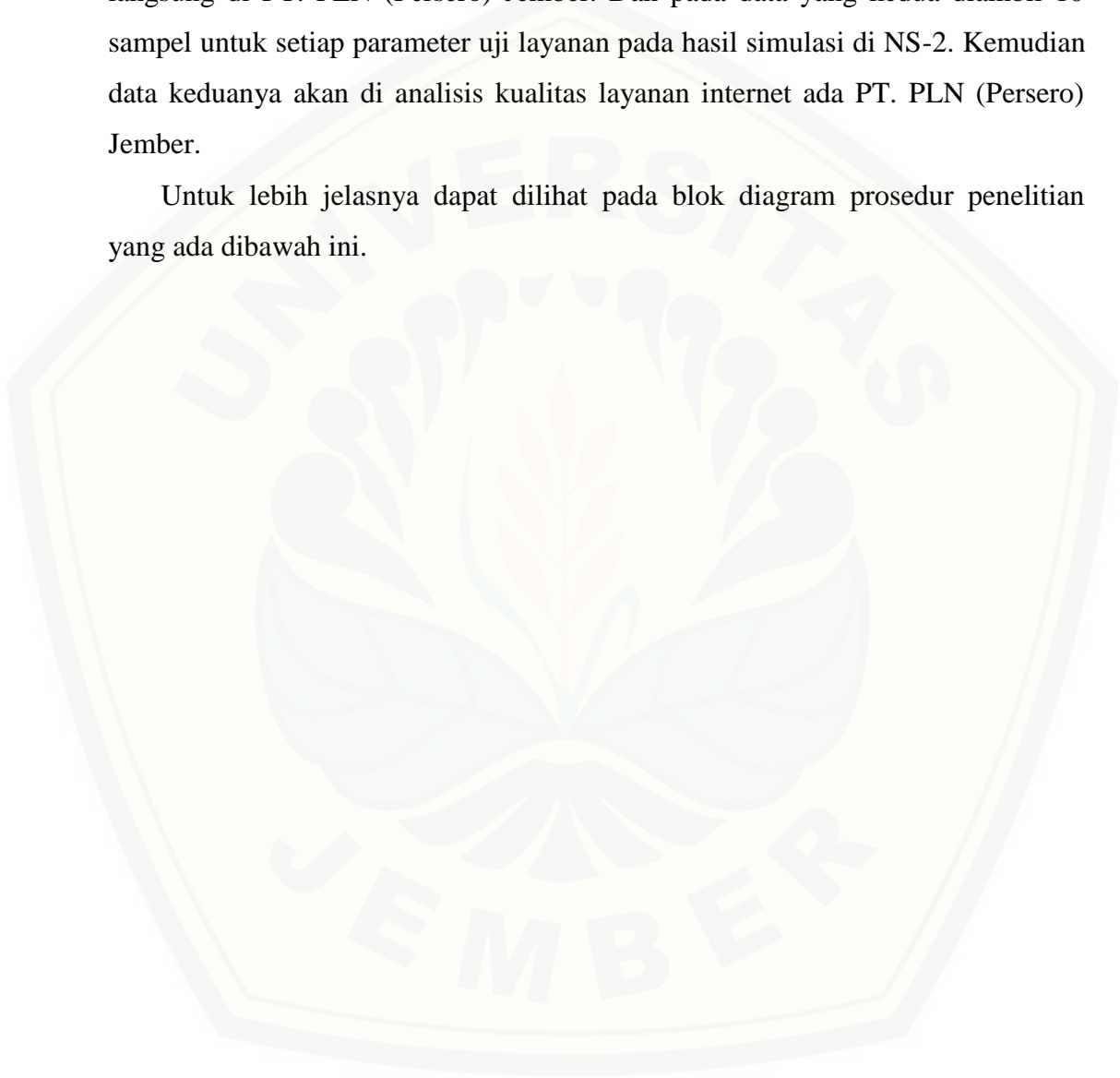
Dalam penelitian ini metode penelitian yang di gunakan adalah penelitian tindakan atau *action research*, dalam penelitian tindakan mendeskripsikan, menginterpretasi dan menjelaskan suatu situasi sosial pada waktu yang bersamaan dengan melakukan perubahan atau intervensi dengan tujuan perbaikan atau partisipasi.

Dalam bab ini dijelaskan beberapa hal pokok yaitu studi pustaka dan lapangan yang digunakan, parameter atau obyek penelitian, cara pengamatan variabel atau parameter, langkah-langkah dalam pengumpulan data dan manajemen penelitian di lapangan, pengolahan data serta analisis data yang dipakai. Semuanya dijelaskan secara cermat dan jelas.

Studi lapangan dilakukan di PT. PLN (Persero) Jember pada bulan maret 2016. Dalam studi lapangan bertujuan untuk proses pengambilan data. Pengambilan data dilakukan untuk memenuhi kebutuhan data skripsi agar dapat

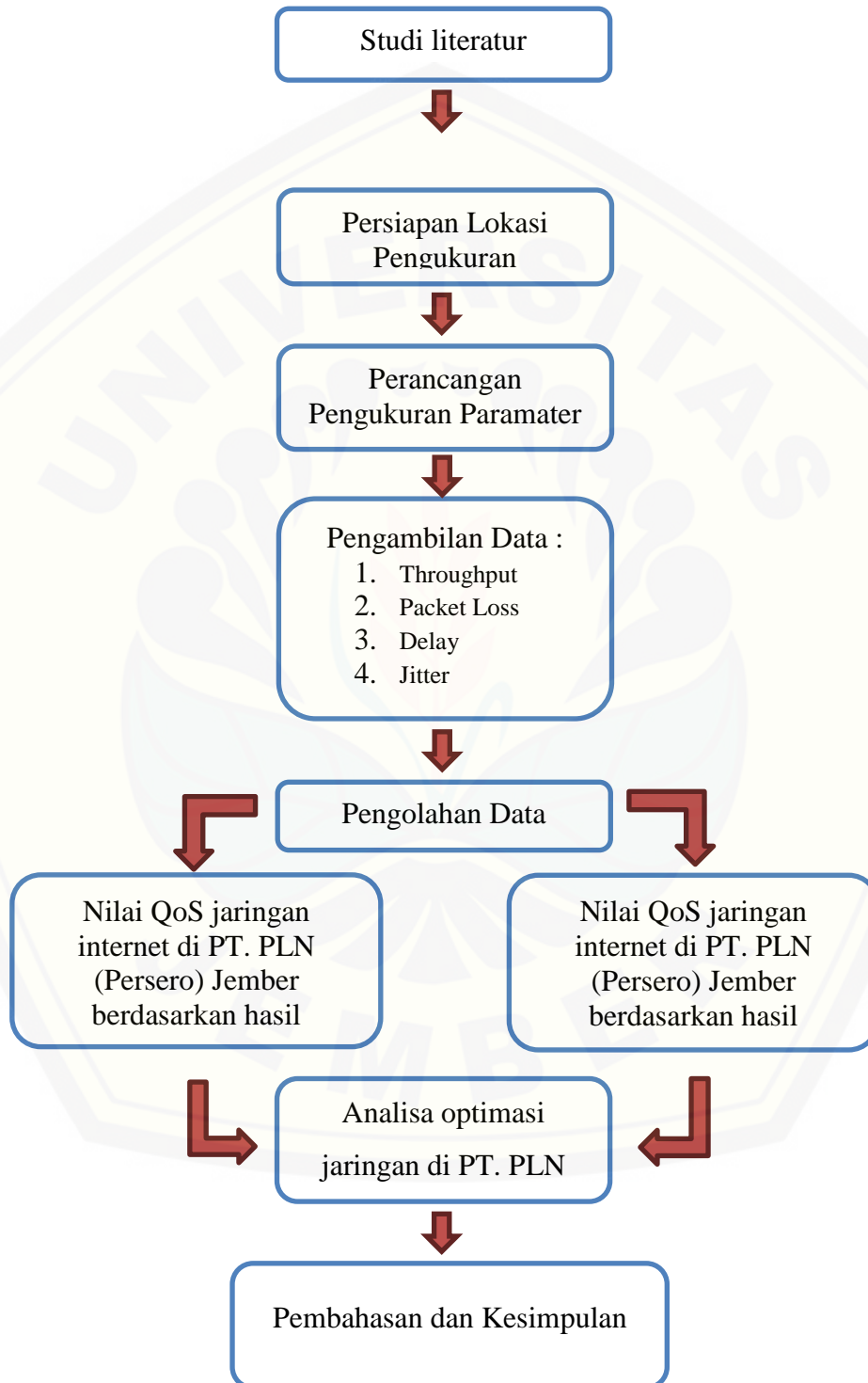
selesai tepat pada waktunya. Data yang diambil ada dua macam, untuk data yang pertama diambil langsung dari perusahaan yang bersangkutan, yaitu PT. PLN (Persero) Jember. Data yang kedua diambil secara langsung melalui simulasi pada NS-2. Dalam proses pengambilan data, diambil 12 sampel data untuk pengujian langsung di PT. PLN (Persero) Jember. Dan pada data yang kedua diambil 10 sampel untuk setiap parameter uji layanan pada hasil simulasi di NS-2. Kemudian data keduanya akan di analisis kualitas layanan internet ada PT. PLN (Persero) Jember.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada blok diagram prosedur penelitian yang ada dibawah ini.



### 3.1 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Blok Diagram Penelitian



Adapun tahapan untuk menjelaskan blok diagram penelitian di atas adalah sebagai berikut :

## 3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi yang berkaitan dengan analisis performansi jaringan. Literatur yang dipelajari adalah literatur yang berkaitan dengan:

- a. Jenis – jenis topologi jaringan komputer.
- b. Analisa parameter *QoS*.
- c. Analisa trafik telekomunikasi

## 3.1.2 Persiapan Lokasi Pengukuran

Dalam tahapan ini dilakukan persiapan lokasi atau tempat dilakukannya pengukuran parameter *QoS*.

## 3.1.3 Perancangan Pengukuran

Dalam tahapan ini dilakukan perancangan pengukuran parameter *QoS* yang dibutuhkan. Penentuan nilai *QoS* untuk setiap parameter uji adalah nilai rata-rata setiap parameter akan dibandingkan dengan nilai standard *QoS* yang telah baku (standart TIPHON).

Untuk perancangan pengukuran secara keseluruhan akan dilakukan tiga tahap, yaitu:

- a. Pengukuran parameter *QoS* yang pertama dilakukan dengan menggunakan *software Axence NetTools Pro 5.0*.
- b. Pengukuran parameter *QoS* berikutnya digunakan *software wireshark*, yang kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan pengukuran yang pertama.
- c. Parameter yang di ukur adalah *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

## 3.1.4 Analisis hasil optimasi

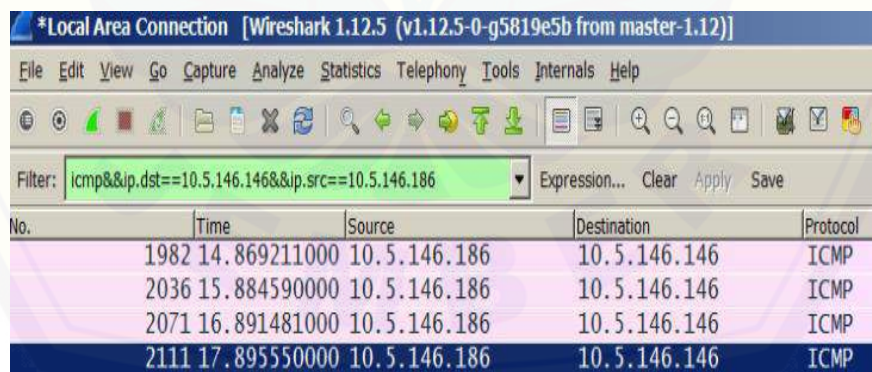
Analisis kualitas jaringan internet dilakukan dengan membandingkan nilai *QoS* hasil penghitungan dengan nilai standart *QoS* yang telah baku (standard TIPHON). Data primer hasil pengukuran setiap parameter akan dianalisis dan dihitung sehingga didapatkan nilai rata – rata untuk setiap parameter. Pada awalnya, penghitungan dilakukan untuk masing – masing tempat pengambilan data. Setelah itu, akan dikalkulasi untuk mendapatkan rata – rata total untuk setiap

parameter uji. Kemudian ditentukan nilai  $QoS$  total dengan cara mencari rata – rata dari akumulasi nilai  $QoS$  setiap parameter uji. Langkah selanjutnya adalah menentukan kualitas jaringan internet dengan cara membandingkan nilai  $QoS$  hasil penghitungan dengan nilai standard  $QoS$  yang telah baku (standart TIPHON). Kemudian nilai hasil perbandingan akan dilakukan optimasi dengan simulasi NS-2. Dengan memperhatikan hasil perhitungan kapasitas *bandwidth* yang diinginkan. Berikut merupakan tampilan *software* yang akan digunakan pada proses pengukuran ini.



Gambar 3.2 Pengukuran *Throughput*

(sumber : *capture website www.speedtest.net* )

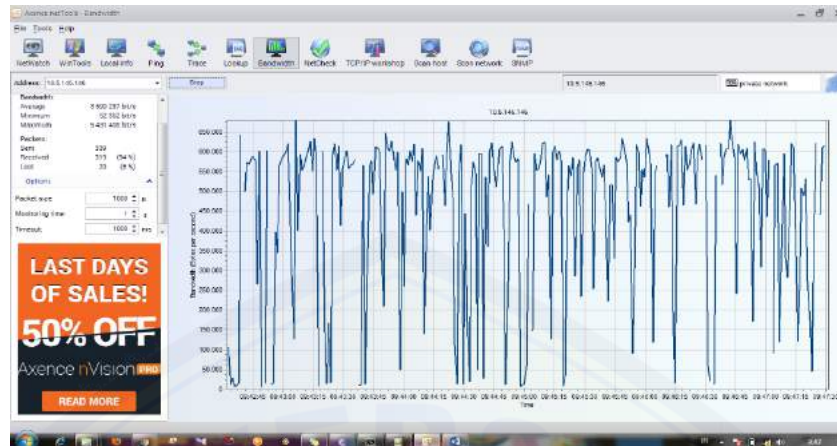


The screenshot shows the Wireshark network traffic capture interface. The filter is set to 'icmp&&ip.dst==10.5.146.146&&ip.src==10.5.146.186'. The packet list table shows four ICMP packets:

No.	Time	Source	Destination	Protocol
1982	14.869211000	10.5.146.186	10.5.146.146	ICMP
2036	15.884590000	10.5.146.186	10.5.146.146	ICMP
2071	16.891481000	10.5.146.186	10.5.146.146	ICMP
2111	17.895550000	10.5.146.186	10.5.146.146	ICMP

Gambar 3.3 Pengukuran *Delay*

(sumber : *capture software wireshark* )



Gambar 3.4 Pengukuran *Packet Loss*

(sumber : *capture software Axence netTools Pro.5.0* )

### 3.2 Perhitungan parameter QoS

Untuk menentukan nilai parameter QoS dalam perhitungan ini digunakan beberapa rumus adalah sebagai berikut.

a. *Bandwidth*

$$\frac{i}{\text{Persentase hasil (\%)}} = \frac{x}{95} \dots \dots \dots (4.1)$$

Keterangan,

*i* = indeks parameter

*x* = kapasitas *Bandwidth* (Mbps)

b. *Delay*

$$D = \frac{(t2-t1)+(t3-t2)}{2} \dots \dots \dots (4.2)$$

Keterangan,

*D* = *Delay*

*t1* = waktu 1

*t2* = waktu 2

*t3* = waktu 3

*t4* = waktu 4

c. *Jitter*

$$J = \frac{(D2-D1)}{2} \dots\dots\dots(4.3)$$

Keterangan,

*J* = *Jitter*

*D1* = *delay 1*

*D2* = *delay 2*

d. *Throughput*

$$T = \frac{\text{hasil pengukuran}}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(4.4)$$

Keterangan,

*T* = *throughput*

*B* = *bandwidth (Mbps)*

e. *Packet Loss*

$$P = \frac{\text{paket dikirim} - \text{paket diterima}}{\text{jumlah paket dikirim}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.5)$$

Keterangan,

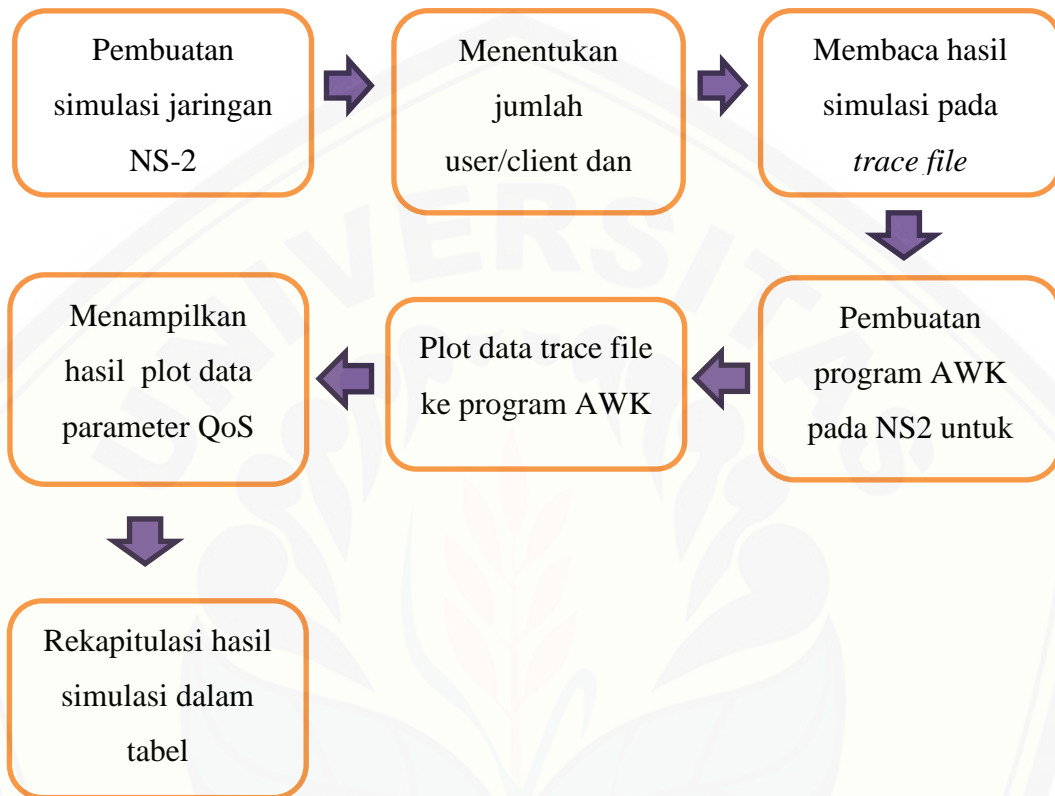
*P* = *Packet Loss*

*P1* = *Paket diterima*

*P2* = *Paket dikirim*

### 3.3 Tahap Pengujian Simulasi Ns-2

adapun prosedur untuk pengujian simulasi menggunakan NS-2 adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 Tahap Pengujian Simulasi NS-2

Dari tahapan pengujian simulasi diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

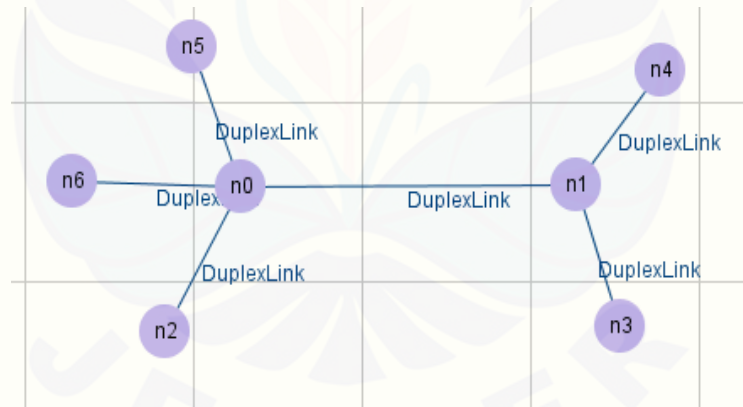
- a. Pembuatan simulasi jaringan pada NS-2  
Pembuatan jaringan ini menggunakan sistem kabel (*wired*).
- b. Menentukan jumlah *user/client*  
Jumlah *user* akan disesuaikan dengan kebutuhan jaringan yang akan dibandingkan dengan simulasi.
- c. Membaca hasil simulasi pada trace file  
Setelah progam dijalankan, akan menghasilkan data hasil simulasi yang terdapat pada trace file untuk pengambilan data dari simulasi jaringan yang telah dijalankan.



- d. Pembuatan program AWK pada NS2 untuk hasil data simulasi  
Jadi setelah data dari trace file didapatkan, selanjutnya pembuatan program AWK untuk diagram parameter yang digunakan.
- e. Plot data trace file ke program AWK  
Kemudian data tersebut diplot pada program AWK yang telah dibuat untuk tiap parameter yang digunakan
- f. Menampilkan hasil plot data parameter *QoS*.  
Jadi setelah data diplot ke program AWK, maka akan ditampilkan hasil plot data parameter *QoS*.
- g. Rekapitulasi hasil dalam tabel  
Mengumpulkan hasil data pengujian ke dalam tabel rekapitulasi.

### 3.4 Pemodelan Topologi Jaringan

Untuk topologi jaringan yang digunakan dalam simulasi ini menyesuaikan dengan topologi yang digunakan di PT. PLN (Persero) Jember yaitu tipe topologi *star*.



Gambar 3.6 Topologi Pengujian Simulasi NS-2

Tipe topologi tersebut akan mengikuti dengan jumlah kapasitas perangkat yang terpasang di PT. PLN (Persero) Jember saat ini.

### 3.5 Parameter – Parameter Simulasi

Parameter – parameter simulasi yang akan digunakan dalam simulasi ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Parameter Simulasi

Parameter	Value
Simulator	NS 2.31
Network Interface Type	Wired
Simulation Time	30 detik
Topology Type	Star
Routing Protokol	TCP/UDP
Traffic Type	FTP dan CBR
Maximum Nodes	11 Node
Maximum Delay	1 ms/link
Bandwidth	Mengikuti Hasil Optimasi

Berdasarkan tabel 3.1 parameter simulasi yang digunakan untuk penjelasannya adalah sebagai berikut.

a. *Network Simulator*

Simulator jaringan yang digunakan pada simulasi ini adalah *Network Simulator 2* dengan tipe NS2.31.

b. *Network Interface Type*

Model network interface type yang digunakan dalam simulasi ini adalah Wired.

c. *Simulation Time*

Waktu simulasi yang digunakan adalah sekitar 30 detik.

d. *Topology Type*

Dalam simulasi ini menggunakan tipe topologi *Star*.

e. *Traffic Type*

Dalam simulasi ini menggunakan trafik FTP dan CBR

f. *Maximum Nodes*

Jumlah maksimum *node* yang digunakan adalah 11 node.

g. *Maximum Delay*

Untuk besarnya *delay* tiap link adalah sekitar 1 *ms/link*

*h. Bandwidth*

Untuk kapasitas *bandwidth* yang digunakan dalam simulasi ini mengikuti hasil dari perhitungan optimasi setelah melakukan pengukuran.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Untuk pengukuran pada jam sibuk (09.00-11.00 WIB) didapatkan hasil rata – rata untuk setiap parameter uji adalah *delay* sebesar 1,026361112s; *jitter* sebesar 0,042708333s; *packet loss* sebesar 7,5833333%; *throughput* sebesar 0,56 Mbps. Kemudian untuk pengukuran pada jam Non sibuk (11.00-13.00 WIB) didapatkan hasil rata – rata untuk setiap parameter uji adalah *delay* sebesar 1,017055551s; *jitter* sebesar 0,01391667s; *packet loss* sebesar 2,0833333%; *throughput* sebesar 0,6725 Mbps.
2. Berdasarkan dari hasil simulasi pada NS-2 kapasitas *bandwidth* yang dibutuhkan adalah sekitar 7,154 Mbps yaitu untuk setiap bagian *node* yang terhubung dengan jaringan tersebut berdasarkan rata – rata hasil dari setiap parameter uji.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk lebih menyempurnakan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Gunakan 9 (sembilan) parameter QoS untuk hasil penelitian yang lebih akurat, yaitu *throughput*, *delay*, *jitter*, *packet loss*, *MOS*, *error*, *echo cancellation*, *PDD (Post Dial Delay)* dan *Out of Delivery*.
2. Pihak PT. PLN (Persero) Jember sebaiknya menambahkan *bandwidth* yang diperlukan berdasarkan hasil *QoS* sekitar 7,154 Mbps agar kebutuhan jaringan lebih maksimal.
3. Seharusnya pihak PT. PLN (Persero) Jember menggunakan jaringan yang seluruhnya menggunakan teknologi fiber optik. Ini agar jaringan internet yang terpasang menjadi lebih stabil dan praktis.
4. Sebaiknya gunakan tipe topologi yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Winarno Sugeng, Khabib Mustofa. *Real Time System* Pada Jaringan Komputer. Universitas Gajah Mada:Fakultas MIPA.
- Megawan Sunario, April 2013, “Pengaruh Densitas *Wireless Mobile Node* dan Jumlah *Wireless Mobile Node* Sumber Terhadap *PATH Discovery Time* Pada Protokol *Routing AODV*”. ISSN. 1412-0100, Vol. 14, No. 1.
- Rahmad Saleh Lubis, Maksum Pinem. 2014. Analisis *Quality of Service (QoS)* Jaringan Internet Di SMK Telkom Medan. Universitas Sumatera Utara:Fakultas Teknik. Vol. 7 NO. 3.
- Wahyu Patrya Sasmita. Analisis *Quality of Service (QoS)* Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : Fakultas Kedokteran Universitas Tanjungpura). Universitas Tanjungpura:Prodi Teknik Informatika.
- Riany Erdiyanti. Implementasi Dan Analisis Performansi *QoS* Pada Video Conference Menggunakan Server Openimscore Dengan Backbone MPLS-TE. Universitas Telkom:Departemen Elektro Dan Komunikasi.
- Permana, Wahidin Huda. 2014. Analisis Layanan Kualitas Video *Streaming Multi service Acces Node (MSAN)* Pada PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk. Area Network Jember. Universitas Jember:Fakultas Teknik.
- Subekti, Bayu Prakoso. 2015. Rekonfigurasi Jaringan Internet Di Fakultas Teknik Universitas Jember Berdasarkan QoS. Universitas Jember:Fakultas Teknik.
- Sanchi, Pandey. 2013. *Performance Analysis of Wired and Wireless Network Using NS-2 Simulator*. Jurnal ICT.volume 72-No-21.
- NetTools, Axence. 2014. “Axence NetTools Pro 5.0.”
- Goji. 2012. *Tutorial Dasar Wireshark*. ghozy.uin@gmail.com.
- Yanto. Analisis *Quality of Service (QoS)* Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura). Universitas Tanjungpura: Prodi Teknik Elektro.
- TIPHON. 1999. *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON General Aspects of Quality of Service (QoS))*.
- Desain-dan-Unjuk-Kerja-jaringan-S1-SK\_Q1\_Pert9\_2. 13 – 11 – 2012



LAMPIRAN

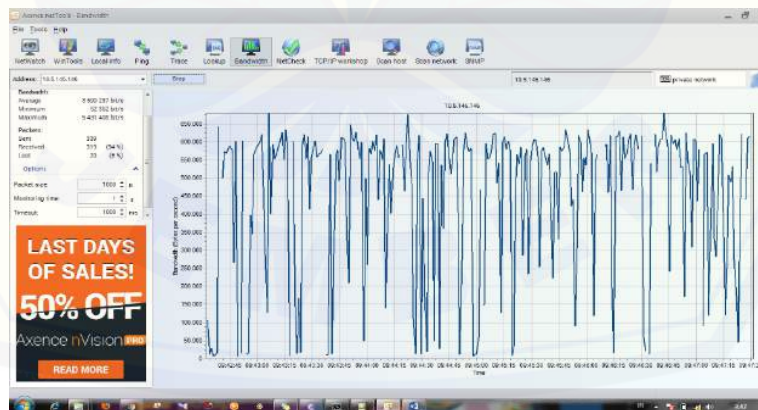
1. Pengukuran jaringan di PT. PLN (Persero) Jember



Gambar 1. Pengukuran *Throughput*

No.	Time	Source	Destination	Protocol
1982	14.869211000	10.5.146.186	10.5.146.146	ICMP
2036	15.884590000	10.5.146.186	10.5.146.146	ICMP
2071	16.891481000	10.5.146.186	10.5.146.146	ICMP
2111	17.895550000	10.5.146.186	10.5.146.146	ICMP

Gambar 2. Pengukuran *Delay*



Gambar 3. Pengukuran *Packet Loss*



Gambar 4. Dokumentasi di PT. PLN (Persero) Jember

## 2. Hasil Perhitungan Parameter QoS

### a. Delay

$$D = \frac{(t2 - t1) + (t4 - t3)}{2}$$

Keterangan,

$D = Delay$

$t1 = waktu\ 1$

$t2 = waktu\ 2$

$t3 = waktu\ 3$

$t4 = waktu\ 4$

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Delay* Pada jam Sibuk (09.00-11.00 WIB)

Waktu Pengukuran	Hasil Perhitungan
09.00-09.10	$D = \frac{(5,884-4,869)+(6,891-5,884)}{2} = 1,00866\ s$
09.10-09.20	$D = \frac{(5,399-4,394)+(7,408-6,403)}{2} = 1,00466\ s$

09.20-09.30	$D = \frac{(4,912-3,905)+(6,398-5,918)}{2} = 1,01100 \text{ s}$
09.30-09.40	$D = \frac{(3,871-2,817)+(6,042-5,055)}{2} = 1,06733 \text{ s}$
09.40-09.50	$D = \frac{(3,091-2,087)+(5,101-4,096)}{2} = 1,00466 \text{ s}$
09.50-10.00	$D = \frac{(4,049-3,055)+(6,065-5,067)}{2} = 1,00333 \text{ s}$
10.00-10.10	$D = \frac{(4,131-3,120)+(6,160-5,150)}{2} = 1,01333 \text{ s}$
10.10-10.20	$D = \frac{(5,140-4,126)+(7,158-6,157)}{2} = 1,15033 \text{ s}$
10.20-10.30	$D = \frac{(4,054-3,050)+(6,067-5,060)}{2} = 1,00567 \text{ s}$
10.30-10.40	$D = \frac{(9,918-8,913)+(2,014-1,005)}{2} = 1,01336 \text{ s}$
10.40-10.50	$D = \frac{(3,911-2,900)+(5,923-4,918)}{2} = 1,03367 \text{ s}$
10.50-11.00	$D = \frac{(2,856-1,850)+(4,868-3,865)}{2} = 1,00660 \text{ s}$

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Delay* pada jam Non Sibuk (11.00-13.00 WIB)

Waktu Pengukuran	Hasil Perhitungan
11.00-11.10	$D = \frac{(2,867-1,838)+(4,893-3,879)}{2} = 1,01833 \text{ s}$

$$11.10-11.20 \quad D = \frac{(1,819-0,764)+(3,839-2,832)}{2} = 1,02500 \text{ s}$$

$$11.20-11.30 \quad D = \frac{(2,696-1,690)+(4,704-3,701)}{2} = 1,00466 \text{ s}$$

$$11.30-11.40 \quad D = \frac{(9,379-8,375)+(1,392-0,385)}{2} = 1,00566 \text{ s}$$

$$11.40-11.50 \quad D = \frac{(1,768-0,761)+(3,786-2,772)}{2} = 1,05866 \text{ s}$$

$$11.50-12.00 \quad D = \frac{(6,461-5,457)+(8,663-7,565)}{2} = 1,00566 \text{ s}$$

$$12.00-12.10 \quad D = \frac{(3,255-2,237)+(5,318-4,265)}{2} = 1,02700 \text{ s}$$

$$12.10-12.20 \quad D = \frac{(3,714-2,707)+(5,733-4,724)}{2} = 1,00867 \text{ s}$$

$$12.20-12.30 \quad D = \frac{(7,566-5,561)+(9,589-8,574)}{2} = 1,00933 \text{ s}$$

$$12.30-12.40 \quad D = \frac{(4,605-3,545)+(6,620-8,610)}{2} = 1,00833 \text{ s}$$

$$12.40-12.50 \quad D = \frac{(7,578-6,568)+(9,620-8,610)}{2} = 1,01733 \text{ s}$$

$$12.50-13.00 \quad D = \frac{(8,760-7,746)+(0,799-9,779)}{2} = 1,01600 \text{ s}$$

b. *Jitter*

$$J = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan,

$J = \text{Jitter}$

$d1 = \text{delay 1}$

$d2 = \text{delay 2}$

Tabel 3. Perhitungan *jitter* pada jam Sibuk (09.00-11.00 WIB)

Waktu Pengukuran	Hasil Perhitungan
09.00-09.10	$J = \frac{0,002+0,082}{2} = 0,042 \text{ s}$
09.10-09.20	$J = \frac{0,001+0,001}{2} = 0,001 \text{ s}$
09.20-09.30	$J = \frac{0,014+0,001}{2} = 0,0075 \text{ s}$
09.30-09.40	$J = \frac{0,178+0,115}{2} = 0,1465 \text{ s}$
09.40-09.50	$J = \frac{0,00+0,001}{2} = 0,0005 \text{ s}$
09.50-10.00	$J = \frac{0,010+0,019}{2} = 0,0145 \text{ s}$
10.00-10.10	$J = \frac{0,009+0,008}{2} = 0,0085 \text{ s}$
10.10-10.20	$J = \frac{0,403+0,003}{2} = 0,203 \text{ s}$
10.20-10.30	$J = \frac{0,001+0,002}{2} = 0,0015 \text{ s}$
10.30-10.40	$J = \frac{0,078+0,082}{2} = 0,08 \text{ s}$



$$10.40-10.50 \quad J = \frac{0,002+0,004}{2} = 0,003 \text{ s}$$

$$10.50-11.00 \quad J = \frac{0,006+0,003}{2} = 0,0045 \text{ s}$$

Tabel 4. Perhitungan *jitter* pada jam Non Sibuk (11.00-13.00 WIB)

Waktu Pengukuran	Hasil Perhitungan
11.00-11.10	$J = \frac{0,002+0,017}{2} = 0,0095 \text{ s}$
11.10-11.20	$J = \frac{0,006+0,042}{2} = 0,024 \text{ s}$
11.20-11.30	$J = \frac{0,002+0,001}{2} = 0,0015 \text{ s}$
11.30-11.40	$J = \frac{0,001+0,002}{2} = 0,0015 \text{ s}$
11.40-11.50	$J = \frac{0,00+0,003}{2} = 0,0015 \text{ s}$
11.50-12.00	$J = \frac{0,036+0,100}{2} = 0,068 \text{ s}$
12.00-12.10	$J = \frac{0,043+0,008}{2} = 0,0225 \text{ s}$
12.10-12.20	$J = \frac{0,001+0,003}{2} = 0,002 \text{ s}$
12.20-12.30	$J = \frac{0,001+0,003}{2} = 0,005 \text{ s}$
12.30-12.40	$J = \frac{0,003+0,004}{2} = 0,0035 \text{ s}$
12.40-12.50	$J = \frac{0,022+0,882}{2} = 0,022 \text{ s}$

$$12.50-13.00 \quad J = \frac{0,001+0,005}{2} = 0,003 \text{ s}$$

c. *Packet Loss*

$$P = \frac{P2-P1}{P2} \times 100\%$$

Keterangan,

$P$  = *Packet Loss*

$P1$  = Paket diterima

$P2$  = Paket dikirim

Tabel 5. Perhitungan *Packet Loss* pada jam Sibuk (09.00-11.00 WIB)

Waktu Pengukuran	Hasil Perhitungan
09.00-09.10	$P = \frac{850-765}{850} \times 100\% = 8 \%$
09.10-09.20	$P = \frac{788-741}{788} \times 100\% = 6 \%$
09.20-09.30	$P = \frac{854-794}{854} \times 100\% = 7 \%$
09.30-09.40	$P = \frac{734-668}{734} \times 100\% = 9 \%$
09.40-09.50	$P = \frac{912-857}{912} \times 100\% = 6 \%$
09.50-10.00	$P = \frac{897-816}{897} \times 100\% = 9 \%$
10.00-10.10	$P = \frac{805-749}{805} \times 100\% = 7 \%$
10.10-10.20	$P = \frac{766-728}{766} \times 100\% = 5 \%$
10.20-10.30	$P = \frac{697-627}{697} \times 100\% = 10 \%$

$$10.30-10.40 \quad P = \frac{832-749}{832} \times 100\% = 10 \%$$

$$10.40-10.50 \quad P = \frac{774-682}{774} \times 100\% = 8 \%$$

$$10.50-11.00 \quad P = \frac{765-719}{765} \times 100\% = 6 \%$$

Tabel 6. Perhitungan *Packet Loss* pada jam Non Sibuk (11.00-13.00 WIB)

<b>Waktu Pengukuran</b>	<b>Hasil Perhitungan</b>
11.00-11.10	$P = \frac{425-423}{425} \times 100\% = 2 \%$
11.10-11.20	$P = \frac{360-349}{360} \times 100\% = 3 \%$
11.20-11.30	$P = \frac{446-437}{446} \times 100\% = 2 \%$
11.30-11.40	$P = \frac{409-405}{409} \times 100\% = 1 \%$
11.40-11.50	$P = \frac{255-247}{255} \times 100\% = 3 \%$
11.50-12.00	$P = \frac{354-347}{354} \times 100\% = 2 \%$
12.00-12.10	$P = \frac{208-206}{208} \times 100\% = 1 \%$
12.10-12.20	$P = \frac{254-249}{254} \times 100\% = 2 \%$
12.20-12.30	$P = \frac{203-197}{203} \times 100\% = 3 \%$
12.30-12.40	$P = \frac{189-187}{189} \times 100\% = 1 \%$

$$12.40-12.50 \quad P = \frac{176-171}{176} \times 100\% = 3 \%$$

$$12.50-13.00 \quad P = \frac{206-202}{206} \times 100\% = 2 \%$$

### 3. Perhitungan Optimasi kapasitas *Bandwidth*

#### a. *Bandwidth*

Hasil pengukuran *bandwidth* di PT. PLN (Persero) Jember saat ini diketahui sebesar 53,75 %, maka optimasi *bandwidth* yang dianjurkan adalah

$$\frac{3}{53,75} = \frac{x}{95}$$

$$x = 5,37 \text{ Mbps}$$

#### b. *Delay*

Hasil pengukuran *Delay* di PT. PLN (Persero) Jember saat ini diketahui sebesar 25%, maka optimasi *bandwidth* yang dianjurkan adalah

$$\frac{3}{25} = \frac{x}{95}$$

$$x = 11,4 \text{ Mbps}$$

#### c. *Jitter*

Hasil pengukuran *Jitter* di PT. PLN (Persero) Jember saat ini diketahui sebesar 75%, maka optimasi *bandwidth* yang dianjurkan adalah

$$\frac{3}{75} = \frac{x}{95}$$

$$x = 3,8 \text{ Mbps}$$

#### d. *Throughput*

Hasil pengukuran *Throughput* di PT. PLN (Persero) Jember saat ini diketahui sebesar 25%, maka optimasi *bandwidth* yang dianjurkan adalah

$$\frac{3}{25} = \frac{x}{95}$$

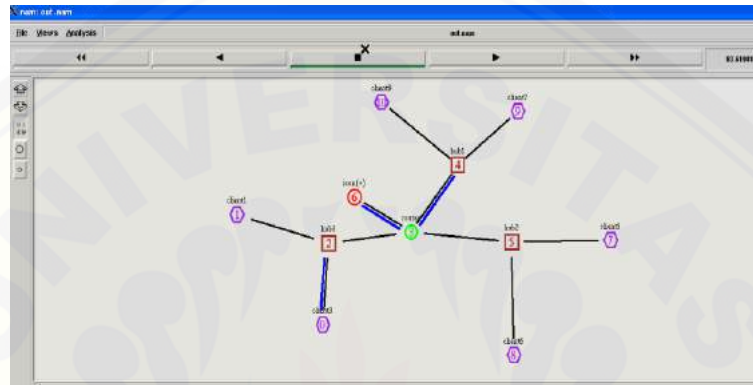
$$x = 11,4 \text{ Mbps}$$

#### e. *Packet Loss*

Hasil pengukuran *Packet Loss* di PT. PLN (Persero) Jember saat ini diketahui sebesar 75%, maka optimasi *bandwidth* yang dianjurkan adalah

$$\frac{3}{75} = \frac{x}{95}$$
$$x = 3,8 \text{ Mbps}$$

#### 4. Hasil Optimasi Jaringan dengan simulasi NS-2



Gambar 5. Simulasi NS-2 pada *Out.nam*

#### 5. List Program Simulasi NS-2

```
#---simulasi optimasi jaringan internet PT PLN (Persero)Jember 2016-----#
#-----Teknik Elektro Universitas Jember-----#
#-----Yohanes Andri Pranata/121910201066-----#

set ns [new Simulator]
#Mendefinisikan warna untuk aliran data dalam NAM
$ns color 1 Blue
$ns color 2 Red

#Buka trace files
set tf [open hasil.tr w]
set windowVsTime2 [open WindowsVsTimeNReno.tr w]
$ns trace-all $tf

#Buka NAM trace files
```



```
set nf [open out.nam w]
```

```
$ns namtrace-all $nf
```

```
#Mendefinisikan prosedur finish
```

```
proc finish {} {
```

```
global ns tf nf
```

```
$ns flush-trace
```

```
close $tf
```

```
close $nf
```

```
exec nam out.nam &
```

```
exit 0
```

```
}
```

```
#membuat 11 buah node
```

```
set n0 [$ns node]
```

```
set n1 [$ns node]
```

```
set n2 [$ns node]
```

```
set n3 [$ns node]
```

```
set n4 [$ns node]
```

```
set n5 [$ns node]
```

```
set n6 [$ns node]
```

```
set n7 [$ns node]
```

```
set n8 [$ns node]
```

```
set n9 [$ns node]
```

```
set n10 [$ns node]
```

```
#membuat link antar node
```

```
$ns duplex-link $n0 $n2 7.154Mb 1ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n1 $n2 7.154Mb 1ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n2 $n3 7.154Mb 1ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n4 $n3 7.154Mb 1ms DropTail
$ns duplex-link $n5 $n3 7.154Mb 1ms DropTail
$ns duplex-link $n6 $n3 7.154Mb 1ms DropTail
$ns duplex-link $n5 $n7 7.154Mb 1ms DropTail
$ns duplex-link $n5 $n8 7.154Mb 1ms DropTail
$ns duplex-link $n4 $n10 7.154Mb 1ms DropTail
$ns duplex-link $n4 $n9 7.154Mb 1ms DropTail
```

```
#menentukan posisi node pada NAM
```

```
$ns duplex-link-op $n0 $n2 orient right-down
$ns duplex-link-op $n1 $n2 orient right-up
$ns duplex-link-op $n2 $n3 orient right
$ns duplex-link-op $n3 $n2 orient left
$ns duplex-link-op $n3 $n4 orient up
$ns duplex-link-op $n4 $n9 orient left
$ns duplex-link-op $n4 $n10 orient right
$ns duplex-link-op $n7 $n5 orient right-down
$ns duplex-link-op $n8 $n5 orient left-down
```

```
#-----memberi label node-----#
```

```
$ns at 0.0 "$n0 label client3"
$ns at 0.0 "$n1 label client1"
$ns at 0.0 "$n2 label hub3 "
$ns at 0.0 "$n3 label router "
$ns at 0.0 "$n5 label hub2 "
$ns at 0.0 "$n6 label icon(+)"
$ns at 0.0 "$n4 label hub1 "
$ns at 0.0 "$n7 label client5 "
```

\$ns at 0.0 "\$n8 label client6 "

\$ns at 0.0 "\$n9 label client7 "

\$ns at 0.0 "\$n10 label client8 "

#-----memberi warna node-----#

\$ns at 0.0 "\$n0 color purple"

\$ns at 0.0 "\$n3 color green"

\$ns at 0.0 "\$n1 color purple"

\$ns at 0.0 "\$n2 color brown"

\$ns at 0.0 "\$n4 color brown"

\$ns at 0.0 "\$n6 color red"

\$ns at 0.0 "\$n5 color brown"

\$ns at 0.0 "\$n7 color purple"

\$ns at 0.0 "\$n8 color purple"

\$ns at 0.0 "\$n9 color purple"

\$ns at 0.0 "\$n10 color purple"

#-----memngubah bentuk tampilan node-----#

\$n0 shape hexagon

\$n1 shape hexagon

\$n2 shape square

\$n3 shape circle

\$n4 shape square

\$n5 shape square

\$n6 shape circle

\$n7 shape hexagon

\$n8 shape hexagon

\$n9 shape hexagon

\$n10 shape hexagon

#Melakukan setting ukuran memori pada link n2-n3 sebesar 100

```
$ns queue-limit $n2 $n3 100
```

#Monitor queue pada link per node untuk NAM

```
$ns duplex-link-op $n2 $n3 queuePos 1.0
```

```
$ns duplex-link-op $n10 $n4 queuePos 1.0
```

```
$ns duplex-link-op $n2 $n1 queuePos 1.0
```

```
$ns duplex-link-op $n5 $n8 queuePos 1.0
```

```
$ns duplex-link-op $n7 $n5 queuePos 1.0
```

```
$ns duplex-link-op $n9 $n4 queuePos 1.0
```

#Set error model pada link n2 - n3 (untuk menambahkan noise pada setiap node)

```
set loss_module [new ErrorModel]
```

```
$loss_module set rate_ 0.2
```

```
$loss_module ranvar [new RandomVariable/Uniform]
```

```
$loss_module drop-target [new Agent/Null]
```

```
$ns lossmodel $loss_module $n4 $n3
```

#Membentuk koneksi melalui protokol TCP

```
set tcp [new Agent/TCP/Newreno]
```

```
$ns attach-agent $n10 $tcp
```

```
set sink [new Agent/TCPSink/DelAck]
```

```
$ns attach-agent $n8 $sink
```

```
$ns connect $tcp $sink
```

```
$tcp set packetSize_ 552
```

```
$tcp set fid_ 1
set tcp [new Agent/TCP/Newreno]
$ns attach-agent $n0 $tcp
set sink [new Agent/TCPSink/DelAck]
$ns attach-agent $n10 $sink
$ns connect $tcp $sink
$tcp set packetSize_ 552
$tcp set fid_ 1
```

```
#Menggabungkan aplikasi FTP pada protokol TCP
set ftp [new Application/FTP]
$ftp attach-agent $tcp
$ftp set type_ FTP
```

```
#Membentuk koneksi melalui protokol UDP
set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n1 $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n3 $null
$ns connect $udp $null
$udp set fid_ 2
```

```
#Menggabungkan aplikasi CBR pada protokol UDP
set cbr [new Application/Traffic/CBR]
$cbr attach-agent $udp
$cbr set type_ CBR
$cbr set packetSize_ 1000
$cbr set rate_ 0.01Mb
$cbr set random_ false
$ns at 0.1 "$cbr start"
```



```
$ns at 1.0 "$ftp start"  
$ns at 29.5 "$ftp stop"  
$ns at 29.9 "$cbr stop"
```

#Prosedur untuk menggambarkan ukuran congestion window

```
proc plotWindow {tcpSource file} {  
  global ns  
  set time 0.1  
  set now [$ns now]  
  set cwnd [$tcpSource set cwnd_  
  puts $file "$now $cwnd"  
  $ns at [expr $now+$time] "plotWindow $tcpSource $file"  
}  
$ns at 1.1 "plotWindow $tcp $windowVsTime2"
```

#Monitor queue setiap 0.1 sec dan simpan dalam qm.tr(untuk memonitor setiap link node)

```
set qmon [$ns monitor-queue $n4 $n3 [open monitorqueue.tr w] 0.1];  
[$ns link $n4 $n3] queue-sample-timeout;  
$ns at 30 "finish"  
$ns run
```

## 6. Hasil Monitoring aliran packet

```
0 4 3 0 0 0 0 0 0 0 0  
0.100000000000000001 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
0.200000000000000001 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
0.300000000000000004 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
0.400000000000000002 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
0.5 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
0.59999999999999998 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
0.69999999999999996 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
0.79999999999999993 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0
```

0.89999999999999991 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
0.999999999999999989 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
1.0999999999999999 4 3 0.0 0.0 0 0 0 0 0 0  
1.2 4 3 0.0 0.0 22 17 5 880 680 200  
1.3 4 3 0.0 0.0 95 73 22 3800 2920 880  
1.40000000000000001 4 3 0.0 0.0 168 132 36 6720 5280 1440  
1.50000000000000002 4 3 0.0 0.0 239 187 52 9560 7480 2080  
1.60000000000000003 4 3 0.0 0.0 313 247 66 12520 9880 2640  
1.70000000000000004 4 3 0.0 0.0 387 310 77 15480 12400 3080  
1.80000000000000005 4 3 0.0 0.0 460 368 92 18400 14720 3680  
1.90000000000000006 4 3 0.0 0.0 534 428 106 21360 17120 4240  
2.00000000000000004 4 3 0.0 0.0 608 493 115 24320 19720 4600  
2.10000000000000005 4 3 0.0 0.0 682 554 128 27280 22160 5120  
2.20000000000000006 4 3 0.0 0.0 757 615 142 30280 24600 5680  
2.30000000000000007 4 3 0.0 0.0 829 669 160 33160 26760 6400  
2.40000000000000008 4 3 0.0 0.0 902 724 178 36080 28960 7120  
2.50000000000000009 4 3 0.0 0.0 976 786 190 39040 31440 7600  
2.60000000000000001 4 3 0.0 0.0 1050 845 205 42000 33800 8200  
2.700000000000000011 4 3 0.0 0.0 1124 908 216 44960 36320 8640  
2.800000000000000012 4 3 0.0 0.0 1194 961 233 47760 38440 9320  
2.900000000000000012 4 3 0.0 0.0 1268 1025 243 50720 41000 9720  
3.000000000000000013 4 3 0.0 0.0 1343 1088 255 53720 43520 10200  
3.100000000000000014 4 3 0.0 0.0 1417 1149 268 56680 45960 10720  
3.200000000000000015 4 3 0.0 0.0 1491 1208 283 59640 48320 11320  
3.300000000000000016 4 3 0.0 0.0 1564 1266 298 62560 50640 11920  
3.400000000000000017 4 3 0.0 0.0 1636 1319 317 65440 52760 12680  
3.500000000000000018 4 3 0.0 0.0 1711 1384 327 68440 55360 13080  
3.600000000000000019 4 3 0.0 0.0 1786 1443 343 71440 57720 13720  
3.70000000000000002 4 3 0.0 0.0 1859 1502 357 74360 60080 14280  
3.80000000000000002 4 3 0.0 0.0 1933 1560 373 77320 62400 14920  
3.900000000000000021 4 3 0.0 0.0 2005 1611 394 80200 64440 15760  
4.000000000000000018 4 3 0.0 0.0 2077 1667 410 83080 66680 16400  
4.100000000000000014 4 3 0.0 0.0 2149 1717 432 85960 68680 17280  
4.200000000000000011 4 3 0.0 0.0 2222 1777 445 88880 71080 17800  
4.30000000000000007 4 3 0.0 0.0 2297 1838 459 91880 73520 18360  
4.40000000000000004 4 3 0.0 0.0 2370 1897 473 94800 75880 18920  
4.5 4 3 0.0 0.0 2441 1954 487 97640 78160 19480

4.599999999999996 4 3 0.0 0.0 2515 2014 501 100600 80560 20040  
4.699999999999993 4 3 0.0 0.0 2585 2068 517 103400 82720 20680  
4.799999999999989 4 3 0.0 0.0 2659 2130 529 106360 85200 21160  
4.899999999999986 4 3 0.0 0.0 2728 2181 547 109120 87240 21880  
4.999999999999982 4 3 0.0 0.0 2802 2243 559 112080 89720 22360  
5.099999999999979 4 3 0.0 0.0 2877 2309 568 115080 92360 22720  
5.199999999999975 4 3 0.0 0.0 2951 2365 586 118040 94600 23440  
5.299999999999972 4 3 0.0 0.0 3025 2426 599 121000 97040 23960  
5.399999999999968 4 3 0.0 0.0 3101 2487 614 124040 99480 24560  
5.499999999999964 4 3 0.0 0.0 3175 2546 629 127000 101840 25160  
5.599999999999961 4 3 0.0 0.0 3249 2601 648 129960 104040 25920  
5.699999999999957 4 3 0.0 0.0 3324 2658 666 132960 106320 26640  
5.799999999999954 4 3 0.0 0.0 3394 2714 680 135760 108560 27200  
5.89999999999995 4 3 0.0 0.0 3469 2771 698 138760 110840 27920  
5.999999999999947 4 3 0.0 0.0 3544 2834 710 141760 113360 28400  
6.099999999999943 4 3 0.0 0.0 3618 2895 723 144720 115800 28920  
6.19999999999994 4 3 0.0 0.0 3692 2962 730 147680 118480 29200  
6.299999999999936 4 3 0.0 0.0 3766 3024 742 150640 120960 29680  
6.399999999999932 4 3 0.0 0.0 3837 3077 760 153480 123080 30400  
6.499999999999929 4 3 0.0 0.0 3910 3140 770 156400 125600 30800  
6.599999999999925 4 3 0.0 0.0 3983 3198 785 159320 127920 31400  
6.699999999999922 4 3 0.0 0.0 4057 3257 800 162280 130280 32000  
6.799999999999918 4 3 0.0 0.0 4131 3318 813 165240 132720 32520  
6.899999999999915 4 3 0.0 0.0 4207 3379 828 168280 135160 33120  
6.999999999999911 4 3 0.0 0.0 4282 3447 835 171280 137880 33400  
7.099999999999908 4 3 0.0 0.0 4357 3508 849 174280 140320 33960  
7.199999999999904 4 3 0.0 0.0 4432 3574 858 177280 142960 34320  
7.299999999999901 4 3 0.0 0.0 4506 3634 872 180240 145360 34880  
7.399999999999897 4 3 0.0 0.0 4577 3687 890 183080 147480 35600  
7.499999999999893 4 3 0.0 0.0 4650 3746 904 186000 149840 36160  
7.59999999999989 4 3 0.0 0.0 4725 3810 915 189000 152400 36600  
7.699999999999886 4 3 0.0 0.0 4798 3869 929 191920 154760 37160  
7.799999999999883 4 3 0.0 0.0 4874 3929 945 194960 157160 37800  
7.899999999999879 4 3 0.0 0.0 4947 3989 958 197880 159560 38320  
7.999999999999876 4 3 0.0 0.0 5022 4052 970 200880 162080 38800  
8.099999999999872 4 3 0.0 0.0 5097 4113 984 203880 164520 39360  
8.199999999999869 4 3 0.0 0.0 5171 4180 991 206840 167200 39640

8.299999999999865 4 3 0.0 0.0 5244 4239 1005 209760 169560 40200  
8.399999999999861 4 3 0.0 0.0 5318 4299 1019 212720 171960 40760  
8.499999999999858 4 3 0.0 0.0 5393 4366 1027 215720 174640 41080  
8.599999999999854 4 3 0.0 0.0 5467 4426 1041 218680 177040 41640  
8.699999999999851 4 3 0.0 0.0 5539 4482 1057 221560 179280 42280  
8.799999999999847 4 3 0.0 0.0 5613 4538 1075 224520 181520 43000  
8.899999999999844 4 3 0.0 0.0 5686 4599 1087 227440 183960 43480  
8.99999999999984 4 3 0.0 0.0 5760 4659 1101 230400 186360 44040  
9.099999999999837 4 3 0.0 0.0 5832 4711 1121 233280 188440 44840  
9.199999999999833 4 3 0.0 0.0 5905 4765 1140 236200 190600 45600  
9.299999999999829 4 3 0.0 0.0 5980 4822 1158 239200 192880 46320  
9.399999999999826 4 3 0.0 0.0 6053 4878 1175 242120 195120 47000  
9.499999999999822 4 3 0.0 0.0 6125 4935 1190 245000 197400 47600  
9.599999999999819 4 3 0.0 0.0 6201 4999 1202 248040 199960 48080  
9.699999999999815 4 3 0.0 0.0 6274 5057 1217 250960 202280 48680  
9.799999999999812 4 3 0.0 0.0 6347 5114 1233 253880 204560 49320  
9.899999999999808 4 3 0.0 0.0 6421 5175 1246 256840 207000 49840  
9.999999999999805 4 3 0.0 0.0 6496 5234 1262 259840 209360 50480  
10.0999999999998 4 3 0.0 0.0 6568 5289 1279 262720 211560 51160  
10.1999999999998 4 3 0.0 0.0 6643 5350 1293 265720 214000 51720  
10.29999999999979 4 3 0.0 0.0 6718 5416 1302 268720 216640 52080  
10.39999999999979 4 3 0.0 0.0 6793 5476 1317 271720 219040 52680  
10.49999999999979 4 3 0.0 0.0 6865 5529 1336 274600 221160 53440  
10.59999999999978 4 3 0.0 0.0 6938 5591 1347 277520 223640 53880  
10.69999999999978 4 3 0.0 0.0 7009 5637 1372 280360 225480 54880  
10.79999999999978 4 3 0.0 0.0 7083 5699 1384 283320 227960 55360  
10.89999999999977 4 3 0.0 0.0 7157 5756 1401 286280 230240 56040  
10.99999999999977 4 3 0.0 0.0 7232 5822 1410 289280 232880 56400  
11.09999999999977 4 3 0.0 0.0 7307 5885 1422 292280 235400 56880  
11.19999999999976 4 3 0.0 0.0 7381 5942 1439 295240 237680 57560  
11.29999999999976 4 3 0.0 0.0 7455 6005 1450 298200 240200 58000  
11.39999999999975 4 3 0.0 0.0 7529 6060 1469 301160 242400 58760  
11.49999999999975 4 3 0.0 0.0 7601 6117 1484 304040 244680 59360  
11.59999999999975 4 3 0.0 0.0 7676 6177 1499 307040 247080 59960  
11.69999999999974 4 3 0.0 0.0 7750 6238 1512 310000 249520 60480  
11.79999999999974 4 3 0.0 0.0 7823 6293 1530 312920 251720 61200  
11.89999999999974 4 3 0.0 0.0 7896 6352 1544 315840 254080 61760

11.99999999999973 4 3 0.0 0.0 7970 6408 1562 318800 256320 62480  
12.09999999999973 4 3 0.0 0.0 8041 6456 1585 321640 258240 63400  
12.19999999999973 4 3 0.0 0.0 8113 6512 1601 324520 260480 64040  
12.29999999999972 4 3 0.0 0.0 8188 6572 1616 327520 262880 64640  
12.39999999999972 4 3 0.0 0.0 8260 6636 1624 330400 265440 64960  
12.49999999999972 4 3 0.0 0.0 8334 6690 1644 333360 267600 65760  
12.59999999999971 4 3 0.0 0.0 8409 6753 1656 336360 270120 66240  
12.69999999999971 4 3 0.0 0.0 8483 6811 1672 339320 272440 66880  
12.79999999999971 4 3 0.0 0.0 8554 6867 1687 342160 274680 67480  
12.8999999999997 4 3 0.0 0.0 8629 6933 1696 345160 277320 67840  
12.9999999999997 4 3 0.0 0.0 8701 6991 1710 348040 279640 68400  
13.09999999999969 4 3 0.0 0.0 8774 7049 1725 350960 281960 69000  
13.19999999999969 4 3 0.0 0.0 8849 7105 1744 353960 284200 69760  
13.29999999999969 4 3 0.0 0.0 8921 7155 1766 356840 286200 70640  
13.39999999999968 4 3 0.0 0.0 8996 7219 1777 359840 288760 71080  
13.49999999999968 4 3 0.0 0.0 9068 7278 1790 362720 291120 71600  
13.59999999999968 4 3 0.0 0.0 9143 7338 1805 365720 293520 72200  
13.69999999999967 4 3 0.0 0.0 9214 7392 1822 368560 295680 72880  
13.79999999999967 4 3 0.0 0.0 9287 7452 1835 371480 298080 73400  
13.89999999999967 4 3 0.0 0.0 9363 7517 1846 374520 300680 73840  
13.99999999999966 4 3 0.0 0.0 9436 7576 1860 377440 303040 74400  
14.09999999999966 4 3 0.0 0.0 9511 7638 1873 380440 305520 74920  
14.19999999999966 4 3 0.0 0.0 9584 7696 1888 383360 307840 75520  
14.29999999999965 4 3 0.0 0.0 9658 7754 1904 386320 310160 76160  
14.39999999999965 4 3 0.0 0.0 9730 7807 1923 389200 312280 76920  
14.49999999999964 4 3 0.0 0.0 9803 7862 1941 392120 314480 77640  
14.59999999999964 4 3 0.0 0.0 9875 7919 1956 395000 316760 78240  
14.69999999999964 4 3 0.0 0.0 9945 7972 1973 397800 318880 78920  
14.79999999999963 4 3 0.0 0.0 10021 8039 1982 400840 321560 79280  
14.89999999999963 4 3 0.0 0.0 10095 8099 1996 403800 323960 79840  
14.99999999999963 4 3 0.0 0.0 10171 8167 2004 406840 326680 80160  
15.09999999999962 4 3 0.0 0.0 10244 8223 2021 409760 328920 80840  
15.19999999999962 4 3 0.0 0.0 10317 8282 2035 412680 331280 81400  
15.29999999999962 4 3 0.0 0.0 10391 8344 2047 415640 333760 81880  
15.39999999999961 4 3 0.0 0.0 10463 8400 2063 418520 336000 82520  
15.49999999999961 4 3 0.0 0.0 10536 8460 2076 421440 338400 83040  
15.59999999999961 4 3 0.0 0.0 10609 8511 2098 424360 340440 83920



15.69999999999996 4 3 0.0 0.0 10679 8562 2117 427160 342480 84680  
15.79999999999996 4 3 0.0 0.0 10754 8625 2129 430160 345000 85160  
15.899999999999959 4 3 0.0 0.0 10828 8692 2136 433120 347680 85440  
15.999999999999959 4 3 0.0 0.0 10900 8745 2155 436000 349800 86200  
16.099999999999959 4 3 0.0 0.0 10976 8811 2165 439040 352440 86600  
16.19999999999996 4 3 0.0 0.0 11048 8868 2180 441920 354720 87200  
16.299999999999962 4 3 0.0 0.0 11123 8929 2194 444920 357160 87760  
16.399999999999963 4 3 0.0 0.0 11197 8983 2214 447880 359320 88560  
16.499999999999964 4 3 0.0 0.0 11266 9034 2232 450640 361360 89280  
16.599999999999966 4 3 0.0 0.0 11339 9096 2243 453560 363840 89720  
16.699999999999967 4 3 0.0 0.0 11413 9150 2263 456520 366000 90520  
16.799999999999969 4 3 0.0 0.0 11484 9208 2276 459360 368320 91040  
16.89999999999997 4 3 0.0 0.0 11556 9260 2296 462240 370400 91840  
16.999999999999972 4 3 0.0 0.0 11630 9324 2306 465200 372960 92240  
17.099999999999973 4 3 0.0 0.0 11703 9385 2318 468120 375400 92720  
17.199999999999974 4 3 0.0 0.0 11777 9447 2330 471080 377880 93200  
17.299999999999976 4 3 0.0 0.0 11851 9512 2339 474040 380480 93560  
17.399999999999977 4 3 0.0 0.0 11923 9564 2359 476920 382560 94360  
17.499999999999979 4 3 0.0 0.0 11997 9619 2378 479880 384760 95120  
17.59999999999998 4 3 0.0 0.0 12071 9681 2390 482840 387240 95600  
17.699999999999982 4 3 0.0 0.0 12146 9742 2404 485840 389680 96160  
17.799999999999983 4 3 0.0 0.0 12220 9799 2421 488800 391960 96840  
17.899999999999984 4 3 0.0 0.0 12295 9866 2429 491800 394640 97160  
17.999999999999986 4 3 0.0 0.0 12368 9927 2441 494720 397080 97640  
18.099999999999987 4 3 0.0 0.0 12442 9988 2454 497680 399520 98160  
18.199999999999989 4 3 0.0 0.0 12517 10055 2462 500680 402200 98480  
18.29999999999999 4 3 0.0 0.0 12592 10122 2470 503680 404880 98800  
18.399999999999991 4 3 0.0 0.0 12666 10182 2484 506640 407280 99360  
18.499999999999993 4 3 0.0 0.0 12740 10242 2498 509600 409680 99920  
18.599999999999994 4 3 0.0 0.0 12814 10312 2502 512560 412480 100080  
18.699999999999996 4 3 0.0 0.0 12886 10369 2517 515440 414760 100680  
18.799999999999997 4 3 0.0 0.0 12961 10433 2528 518440 417320 101120  
18.899999999999999 4 3 0.0 0.0 13035 10493 2542 521400 419720 101680  
19 4 3 0.0 0.0 13107 10547 2560 524280 421880 102400  
19.100000000000001 4 3 0.0 0.0 13180 10604 2576 527200 424160 103040  
19.200000000000003 4 3 0.0 0.0 13253 10661 2592 530120 426440 103680  
19.300000000000004 4 3 0.0 0.0 13326 10715 2611 533040 428600 104440

19.400000000000006 4 3 0.0 0.0 13399 10771 2628 535960 430840 105120  
19.500000000000007 4 3 0.0 0.0 13472 10829 2643 538880 433160 105720  
19.600000000000009 4 3 0.0 0.0 13547 10887 2660 541880 435480 106400  
19.700000000000001 4 3 0.0 0.0 13619 10941 2678 544760 437640 107120  
19.800000000000011 4 3 0.0 0.0 13694 11007 2687 547760 440280 107480  
19.900000000000013 4 3 0.0 0.0 13769 11071 2698 550760 442840 107920  
20.000000000000014 4 3 0.0 0.0 13836 11117 2719 553440 444680 108760  
20.100000000000016 4 3 0.0 0.0 13910 11175 2735 556400 447000 109400  
20.200000000000017 4 3 0.0 0.0 13984 11235 2749 559360 449400 109960  
20.300000000000018 4 3 0.0 0.0 14058 11297 2761 562320 451880 110440  
20.40000000000002 4 3 0.0 0.0 14133 11358 2775 565320 454320 111000  
20.500000000000021 4 3 0.0 0.0 14206 11414 2792 568240 456560 111680  
20.600000000000023 4 3 0.0 0.0 14279 11473 2806 571160 458920 112240  
20.700000000000024 4 3 0.0 0.0 14352 11530 2822 574080 461200 112880  
20.800000000000026 4 3 0.0 0.0 14426 11587 2839 577040 463480 113560  
20.900000000000027 4 3 0.0 0.0 14501 11651 2850 580040 466040 114000  
21.000000000000028 4 3 0.0 0.0 14576 11714 2862 583040 468560 114480  
21.10000000000003 4 3 0.0 0.0 14649 11779 2870 585960 471160 114800  
21.200000000000031 4 3 0.0 0.0 14722 11838 2884 588880 473520 115360  
21.300000000000033 4 3 0.0 0.0 14795 11893 2902 591800 475720 116080  
21.400000000000034 4 3 0.0 0.0 14868 11950 2918 594720 478000 116720  
21.500000000000036 4 3 0.0 0.0 14940 12004 2936 597600 480160 117440  
21.600000000000037 4 3 0.0 0.0 15014 12062 2952 600560 482480 118080  
21.700000000000038 4 3 0.0 0.0 15088 12121 2967 603520 484840 118680  
21.80000000000004 4 3 0.0 0.0 15162 12184 2978 606480 487360 119120  
21.900000000000041 4 3 0.0 0.0 15237 12248 2989 609480 489920 119560  
22.000000000000043 4 3 0.0 0.0 15311 12306 3005 612440 492240 120200  
22.100000000000044 4 3 0.0 0.0 15386 12360 3026 615440 494400 121040  
22.200000000000045 4 3 0.0 0.0 15459 12418 3041 618360 496720 121640  
22.300000000000047 4 3 0.0 0.0 15533 12474 3059 621320 498960 122360  
22.400000000000048 4 3 0.0 0.0 15604 12528 3076 624160 501120 123040  
22.50000000000005 4 3 0.0 0.0 15679 12589 3090 627160 503560 123600  
22.600000000000051 4 3 0.0 0.0 15750 12645 3105 630000 505800 124200  
22.700000000000053 4 3 0.0 0.0 15824 12707 3117 632960 508280 124680  
22.800000000000054 4 3 0.0 0.0 15899 12773 3126 635960 510920 125040  
22.900000000000055 4 3 0.0 0.0 15974 12841 3133 638960 513640 125320  
23.000000000000057 4 3 0.0 0.0 16047 12896 3151 641880 515840 126040

23.100000000000058 4 3 0.0 0.0 16121 12956 3165 644840 518240 126600  
23.20000000000006 4 3 0.0 0.0 16195 13019 3176 647800 520760 127040  
23.300000000000061 4 3 0.0 0.0 16266 13076 3190 650640 523040 127600  
23.400000000000063 4 3 0.0 0.0 16339 13132 3207 653560 525280 128280  
23.500000000000064 4 3 0.0 0.0 16414 13195 3219 656560 527800 128760  
23.600000000000065 4 3 0.0 0.0 16486 13249 3237 659440 529960 129480  
23.700000000000067 4 3 0.0 0.0 16557 13304 3253 662280 532160 130120  
23.800000000000068 4 3 0.0 0.0 16632 13372 3260 665280 534880 130400  
23.90000000000007 4 3 0.0 0.0 16707 13434 3273 668280 537360 130920  
24.000000000000071 4 3 0.0 0.0 16781 13498 3283 671240 539920 131320  
24.100000000000072 4 3 0.0 0.0 16856 13563 3293 674240 542520 131720  
24.200000000000074 4 3 0.0 0.0 16929 13618 3311 677160 544720 132440  
24.300000000000075 4 3 0.0 0.0 17002 13676 3326 680080 547040 133040  
24.400000000000077 4 3 0.0 0.0 17073 13725 3348 682920 549000 133920  
24.500000000000078 4 3 0.0 0.0 17146 13778 3368 685840 551120 134720  
24.60000000000008 4 3 0.0 0.0 17217 13825 3392 688680 553000 135680  
24.700000000000081 4 3 0.0 0.0 17290 13881 3409 691600 555240 136360  
24.800000000000082 4 3 0.0 0.0 17364 13939 3425 694560 557560 137000  
24.900000000000084 4 3 0.0 0.0 17439 14002 3437 697560 560080 137480  
25.000000000000085 4 3 0.0 0.0 17513 14068 3445 700520 562720 137800  
25.100000000000087 4 3 0.0 0.0 17588 14133 3455 703520 565320 138200  
25.200000000000088 4 3 0.0 0.0 17664 14204 3460 706560 568160 138400  
25.30000000000009 4 3 0.0 0.0 17738 14265 3473 709520 570600 138920  
25.400000000000091 4 3 0.0 0.0 17813 14330 3483 712520 573200 139320  
25.500000000000092 4 3 0.0 0.0 17888 14391 3497 715520 575640 139880  
25.600000000000094 4 3 0.0 0.0 17962 14449 3513 718480 577960 140520  
25.700000000000095 4 3 0.0 0.0 18037 14510 3527 721480 580400 141080  
25.800000000000097 4 3 0.0 0.0 18108 14566 3542 724320 582640 141680  
25.900000000000098 4 3 0.0 0.0 18181 14625 3556 727240 585000 142240  
26.000000000000099 4 3 0.0 0.0 18256 14689 3567 730240 587560 142680  
26.100000000000101 4 3 0.0 0.0 18328 14748 3580 733120 589920 143200  
26.200000000000102 4 3 0.0 0.0 18399 14800 3599 735960 592000 143960  
26.300000000000104 4 3 0.0 0.0 18469 14856 3613 738760 594240 144520  
26.400000000000105 4 3 0.0 0.0 18544 14912 3632 741760 596480 145280  
26.500000000000107 4 3 0.0 0.0 18615 14966 3649 744600 598640 145960  
26.600000000000108 4 3 0.0 0.0 18688 15029 3659 747520 601160 146360  
26.700000000000109 4 3 0.0 0.0 18763 15091 3672 750520 603640 146880

26.8000000000000111 4 3 0.0 0.0 18838 15160 3678 753520 606400 147120  
26.9000000000000112 4 3 0.0 0.0 18914 15225 3689 756560 609000 147560  
27.0000000000000114 4 3 0.0 0.0 18987 15279 3708 759480 611160 148320  
27.1000000000000115 4 3 0.0 0.0 19061 15337 3724 762440 613480 148960  
27.2000000000000117 4 3 0.0 0.0 19137 15403 3734 765480 616120 149360  
27.3000000000000118 4 3 0.0 0.0 19210 15460 3750 768400 618400 150000  
27.4000000000000119 4 3 0.0 0.0 19283 15524 3759 771320 620960 150360  
27.5000000000000121 4 3 0.0 0.0 19357 15582 3775 774280 623280 151000  
27.6000000000000122 4 3 0.0 0.0 19427 15637 3790 777080 625480 151600  
27.7000000000000124 4 3 0.0 0.0 19499 15697 3802 779960 627880 152080  
27.8000000000000125 4 3 0.0 0.0 19574 15760 3814 782960 630400 152560  
27.9000000000000126 4 3 0.0 0.0 19647 15816 3831 785880 632640 153240  
28.0000000000000128 4 3 0.0 0.0 19720 15869 3851 788800 634760 154040  
28.1000000000000129 4 3 0.0 0.0 19792 15927 3865 791680 637080 154600  
28.2000000000000131 4 3 0.0 0.0 19865 15987 3878 794600 639480 155120  
28.3000000000000132 4 3 0.0 0.0 19940 16045 3895 797600 641800 155800  
28.4000000000000134 4 3 0.0 0.0 20014 16106 3908 800560 644240 156320  
28.5000000000000135 4 3 0.0 0.0 20089 16165 3924 803560 646600 156960  
28.6000000000000136 4 3 0.0 0.0 20163 16223 3940 806520 648920 157600  
28.7000000000000138 4 3 0.0 0.0 20237 16283 3954 809480 651320 158160  
28.8000000000000139 4 3 0.0 0.0 20308 16337 3971 812320 653480 158840  
28.9000000000000141 4 3 0.0 0.0 20379 16389 3990 815160 655560 159600  
29.0000000000000142 4 3 0.0 0.0 20453 16448 4005 818120 657920 160200  
29.1000000000000144 4 3 0.0 0.0 20525 16503 4022 821000 660120 160880  
29.2000000000000145 4 3 0.0 0.0 20597 16561 4036 823880 662440 161440  
29.3000000000000146 4 3 0.0 0.0 20668 16612 4056 826720 664480 162240  
29.4000000000000148 4 3 0.0 0.0 20741 16667 4074 829640 666680 162960  
29.5000000000000149 4 3 0.0 0.0 20814 16724 4090 832560 668960 163600  
29.6000000000000151 4 3 0.0 0.0 20822 16732 4090 832880 669280 163600  
29.7000000000000152 4 3 0.0 0.0 20822 16732 4090 832880 669280 163600  
29.8000000000000153 4 3 0.0 0.0 20822 16732 4090 832880 669280 163600  
29.9000000000000155 4 3 0.0 0.0 20822 16732 4090 832880 669280 163600

