

Analisis Keandalan Jaringan Optik di UIN Suska Riau menggunakan Metode markov

Rika Susanti¹, Ewi Ismaredah², Mulyono³, Fitri Amilia⁴
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau
e-mail: rika.susanti@uin-suska.ac.id

Abstrak

UIN Suska Riau menggunakan jaringan optik untuk memenuhi kebutuhan layanan data di civitas akademika UIN Suska Riau dengan menggunakan konfigurasi star, bus, dan ring. Konfigurasi ring dapat membentuk rute kabel alternatif sebagai proteksi jalur transmisi yang diterapkan dalam upaya meningkatkan keandalan sistem. Analisis keandalan perlu dilakukan untuk mengukur berapa besar prosentase ketersediaan jaringan kepada user. Nilai *availability* dan *down time system* jaringan optik di UIN Suska Riau masih di bawah standar jaringan optik (kriteria Bellcore), dimana nilai *availability* lebih kecil dari 99,99% dan *down time system* jaringan lebih besar dari 52,56 menit/tahun. Hal ini disebabkan karena pengalihan trafik jaringan masih menggunakan sistem manual, sehingga waktu yang diperlukan untuk memindahkan switch dapat menambah laju kerusakan dan laju perbaikan sistem. Di samping itu, jaringan optik di kampus UIN Suska Riau juga tidak memiliki perangkat *back-up*, sehingga keberhasilan jaringan sangat ditentukan oleh keberhasilan perangkat.

Kata kunci: Keandalan, Ketersediaan, Down Time System, Konfigurasi Ring, Metode Markov.

Abstract

UIN Suska Riau uses optical network to fulfill data service needs of academic communities of UIN Suska Riau by using star, bus and ring configurations. Ring configuration have an alternative cable route as a transmission line protection which was applied in order to improve the reliability of system. Reliability analysis needs to be done to measure percentage of network availability. The availability and down time system of the optical network in UIN Suska Riau was still below the optical network standard, Bellcore criteria, where the availability system was less than 99.99% and down time system was greater than 52.56 minutes/year. This is due to the transfer of network traffic was switched manually, so the time required to move the switch can increase the failure rate and the repair rate of system. In addition, the optical network was not have a back-up device, so the success of the network was largely determined by the success of the device.

Kata kunci: Reliability, Availability, Down Time System, Ring Configuration, Markov Methode.

1. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya teknologi, kebutuhan akan jaringan telekomunikasi juga semakin meningkat. Dewasa ini, kebutuhan akan layanan komunikasi sudah menjadi kebutuhan dasar bagi masyarakat di berbagai bidang kehidupan. Dalam upaya memenuhi kebutuhan pengguna, diperlukan jaringan yang andal (*reliable*) dimana jaringan tersebut memiliki ketersediaan (*availability*) yang tinggi, dan mempunyai *bandwidth* yang besar. Untuk memenuhi kebutuhan pengguna akan *bandwidth* yang besar, jaringan akses fiber dapat dijadikan sebagai solusinya.

UIN Suska Riau sebagai salah satu universitas terbaik di provinsi Riau mempunyai infrastruktur jaringan optik di lingkungan kampus yang menghubungkan seluruh fakultas dan gedung-gedung dengan menggunakan konfigurasi *ring*, dimana jaringan tersebut berpusat di Pusat Teknologi Informasi dan Pangkalan Data (PTIPD). Jaringan optik digunakan untuk menyediakan *bandwidth* yang besar bagi pengguna di lingkungan kampus, dan menjadi tulang punggung jaringan *Local Area Network* (LAN) yang mendukung kecepatan akses internet di lingkungan UIN Suska Riau.

UIN Suska Riau berlangganan *bandwidth* sebesar 200 Mbps ke PT. Telkom. Sebelumnya telah dilakukan analisis performansi infrastruktur jaringan fiber optik di lingkungan kampus UIN Suska Riau meliputi parameter *power link budget* dan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Hasil penelitian menyatakan bahwa *power link budget* dan SNR jaringan optik di lingkungan

kampus UIN Suska Riau memenuhi standar yang telah ditetapkan untuk sistem dan jaringan komunikasi optik. [4]

Di dalam pengoperasiannya, jaringan optik di lingkungan kampus UIN Suska sering kali mengalami gangguan, baik gangguan yang disebabkan oleh *human error* atau gangguan dari perangkat itu sendiri. Gangguan-gangguan yang terjadi tentunya akan mempengaruhi prosentase nilai *availability* (ketersediaan) jaringan bagi *user*, dan tentunya juga mempengaruhi keandalan jaringan.

Bandwidth yang besar tentunya tidak 100% menjamin tingkat kepuasan *user* terhadap jaringan. Salah satu unjuk kerja sistem yang dapat digunakan sebagai indikator tingkat kepuasan *user* adalah seberapa besar prosentase ketersediaan jaringan bagi *user*, dan bagaimana sistem proteksinya terhadap gangguan sehingga gangguan tersebut tidak menjadi penghalang bagi *user* dalam menikmati layanan internet. Unjuk kerja tersebut dapat dilihat berdasarkan waktu yang dicapai masing-masing komponen dari awal bekerja hingga mengalami kerusakan dan lama waktu perbaikan komponen, yang dapat digunakan untuk mengukur ketersediaan (*availability*) jaringan [7].

Keandalan (*reliability*) dan ketersediaan (*availability*) suatu jaringan berpengaruh besar terhadap kualitas layanan yang diberikan, sehingga analisis keandalan terhadap suatu jaringan mutlak perlu dilakukan [9]. Analisis keandalan dapat digunakan untuk menganalisis perawatan, sehingga dapat dijadikan acuan dalam merencanakan manajemen perawatan (*maintenance*) maupun dalam menentukan waktu penggantian komponen, sehingga tepat waktu dan tepat sasaran {2,3,5,10}

Keandalan suatu sistem tergantung kepada komponen-komponen yang digunakan di dalam sistem. Sehingga untuk sistem atau jaringan yang berbeda, tentunya mempunyai nilai keandalan yang berbeda-beda pula. Persyaratan keandalan sistem untuk sistem komunikasi serat optik adalah berdasarkan kriteria *Bellcore* yaitu sebesar 99,99% [1]. Pada penelitian ini dilakukan analisis atau kajian keandalan terhadap jaringan optik di kampus UIN Suska Riau khusus untuk konfigurasi ring dengan menggunakan metode Markov.

2. Metodologi Penelitian

Markov Chain berhubungan dengan suatu rangkaian proses dimana kejadian akibat suatu eksperimen hanya tergantung pada kejadian langsung yang mendahuluinya dan tidak tergantung pada rangkaian kejadian sebelumnya. Teknik pemodelan dengan menggunakan pendekatan markov menawarkan suatu pemodelan untuk memperhitungkan waktu perbaikan atau *repairable system*. Pendekatan markov dapat diaplikasikan pada perilaku (*behavior*) random dari suatu sistem yang bervariasi secara diskrit maupun kontinu terhadap ruang dan waktu. Variasi random baik secara diskrit maupun kontinu ini disebut proses stokastik (*stochastic process*) [6].

Beberapa syarat agar metode Markov dapat diaplikasikan dalam evaluasi keandalan sistem adalah [6]:

(1) Sistem harus berkarakter *lack of memory*

Di mana kondisi sistem di masa mendatang tidak dipengaruhi (*independent*) oleh kondisi sebelumnya. Artinya kondisi sistem saat evaluasi tidak dipengaruhi oleh kondisi sebelumnya, kecuali kondisi sesaat sebelum kondisi saat ini.

(2) Sistem harus *stationery* atau homogen

Artinya perilaku sistem selalu sama di sepanjang waktu atau peluang transisi sistem dari satu kondisi ke kondisi lainnya akan selalu sama di sepanjang waktu. Maka pendekatan Markov hanya dapat diaplikasikan untuk sistem dengan laju kegagalan yang konstan.

(3) *State is identifiable*

Kondisi yang dimungkinkan terjadi pada sistem harus dapat diidentifikasi dengan jelas. Apakah sistem memiliki dua kondisi (*state*) yakni kondisi beroperasi dan kondisi gagal, ataukah sistem memiliki 3 kondisi, yakni 100% sukses, 50% sukses dan 100% gagal.

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menentukan keandalan sistem dengan menggunakan pendekatan markov adalah identifikasi semua keadaan (*state*) dimana sistem mungkin bertransisi, lalu buat diagram keadaan untuk setiap perubahan transisi keadaan dan matrik keadaan. Setelah itu turunkan persamaan differensial yang sesuai atau susunlah matriks *probability*-nya. Tentukan nilai *Availability* dan *Unavailability* sistem dengan menggabungkan nilai probabilitas keadaan-keadaan yang bersesuaian yang menjamin sistem beroperasi dan

sistem gagal. Terakhir selesaikan persamaan differensial yang dimodifikasi untuk menentukan keandalan sistem [8].

Pendekatan markov yang cocok digunakan pada jaringan optik di UIN Suska Riau dengan konfigurasi ring adalah pendekatan markov dengan 2 komponen yang berbeda yang dapat diperbaiki. Hal ini dikarenakan sistem proteksi jaringan hanya terdapat pada link alternatif konfigurasi ring, sedangkan perangkat proteksi (cadangan) tidak ada. Ketika *working line* putus, maka trafik akan dialihkan rutenya (memutar), sehingga komponen yang dilalui *working line* dengan *protection line* (ketika ada kerusakan) akan berbeda.

Di dalam pemodelan untuk 2 buah komponen berbeda yang dapat diperbaiki, kita asumsikan bahwa setiap komponen dapat berada dalam kondisi *up* atau *down*. Di mana λ_1, λ_2 adalah laju kegagalan dan μ_1, μ_2 adalah laju perbaikan secara berturut-turut dari 2 komponen tersebut.

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kegagalan komponen dalam rentang waktu tertentu}}{\text{Total waktu operasi komponen}} \dots\dots\dots(1)$$

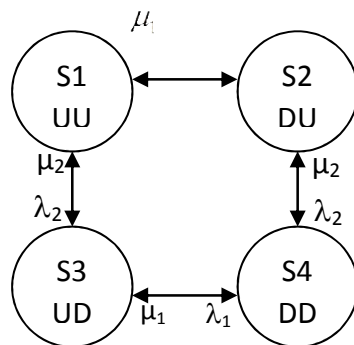
$$\mu = \frac{\text{Jumlah perbaikan komponen dalam rentang waktu tertentu}}{\text{Total waktu perbaikan komponen}} \dots\dots\dots(2)$$

Untuk sistem dengan dua komponen berbeda, maka terdapat 2^2 atau 4 kemungkinan keadaan di dalam sistem tersebut, seperti yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Keadaan untuk Sistem dengan Dua Komponen Berbeda

State (Keadaan)	Unit 1	Unit 2
State 1	Up	Up
State 2	Down	Up
State 3	Up	Down
State 4	Down	Down

Dari tabel keadaan di atas dapat dibuat hubungan antar keadaan dengan menggunakan diagram seperti yang terlihat pada gambar 1. Satu hal yang perlu diingat bahwa perpindahan di antara **S1** dan **S4** atau di antara **S2** dan **S3** tidak boleh dilakukan, karena perpindahan tersebut memperoleh 2 pergantian secara bersamaan dari komponen yang terlibat. Probabilitas dari kejadian yang bersamaan tersebut dapat diasumsikan sebagai kemungkinan kecil yang akan terjadi, sehingga dapat diabaikan.



Gambar 1. Diagram Keadaan Dua Komponen Berbeda yang dapat diperbaiki

Dari diagram keadaan di atas, dapat dibuat matriks-p sebagai berikut :

$$\begin{matrix} & S1 & S2 & S3 & S4 \\ \begin{matrix} S1 \\ S2 \\ S3 \\ S4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & \lambda_1 & \lambda_2 & 0 \\ \mu_1 & 0 & 0 & \lambda_2 \\ \mu_2 & 0 & 0 & \lambda_1 \\ 0 & \mu_2 & \mu_1 & 0 \end{bmatrix} & \dots\dots\dots & (3) \end{matrix}$$

Matriks probabilitas transisi stokastik ($\Delta t \rightarrow 0$) adalah :

$$P = \begin{bmatrix} 1 - (\lambda_1 + \lambda_2) & \lambda_1 & \lambda_2 & 0 \\ \mu_1 & 1 - (\lambda_2 + \mu_1) & 0 & \lambda_2 \\ \mu_2 & 0 & 1 - (\lambda_1 + \mu_2) & \lambda_1 \\ 0 & \mu_2 & \mu_1 & 1 - (\mu_1 + \mu_2) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

Persamaan diferensial markov di dalam vektor notasi matriks, adalah :

$$P = \begin{bmatrix} P'1 \\ P'2 \\ P'3 \\ P'4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(\lambda_1 + \lambda_2) & \mu_1 & \mu_2 & 0 \\ \lambda_1 & -(\lambda_2 + \mu_2) & 0 & \mu_2 \\ \lambda_2 & 0 & -(\lambda_1 + \mu_2) & \mu_1 \\ 0 & \lambda_2 & \lambda_1 & -(\mu_1 + \mu_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P1(t) \\ P2(t) \\ P3(t) \\ P4(t) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

Solusi pendekatan untuk memperoleh *The steady – state probability* (probabilitas terbatas) adalah dengan memecahkan persamaan aljabar sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(\lambda_1 + \lambda_2) & \mu_1 & \mu_2 & 0 \\ \lambda_1 & -(\mu_1 + \lambda_2) & 0 & \mu_2 \\ \lambda_2 & 0 & -(\lambda_1 + \mu_2) & \mu_1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P1 \\ P2 \\ P3 \\ P4 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(6)$$

Solusinya adalah :

$$P1 = \frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \dots\dots\dots(7)$$

$$P2 = \frac{\lambda_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \dots\dots\dots(8)$$

$$P3 = \frac{\lambda_2 \mu_1}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \dots\dots\dots(9)$$

$$P4 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \dots\dots\dots(10)$$

Alur trafik komponen jaringan optik di UIN Suska disusun secara seri, maka *availability* dan *unavailability*-nya secara berturut-turut adalah :

$$A = P_1 = \frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \dots\dots\dots(11)$$

dan :
$$U = P_2 + P_3 + P_4 = \frac{\lambda_1 \mu_2 + \lambda_2 \mu_1 + \lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \dots\dots\dots(12)$$

Untuk menentukan laju kerusakan (λ) dan laju perbaikan (μ) dua buah komponen yang tersusun secara seri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2 \dots\dots\dots(13)$$

$$\mu_s = \mu_1 + \mu_2 \dots\dots\dots(14)$$

Keberhasilan sistem untuk konfigurasi seri ditentukan oleh komponen pertama. Berikut persamaan P_1 yang diambil dari persamaan 11 :

$$P_1 = \frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \dots\dots\dots(15)$$

Sehingga probabilitas sistem dalam kondisi baik (*The steady – state probability*) dinyatakan ke dalam persamaan berikut :

$$\frac{\mu_s}{\lambda_s + \mu_s} = \frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \dots\dots\dots(16)$$

Sehingga diperoleh :

$$\mu_s = \frac{\lambda_s \mu_1 \mu_2}{\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \mu_2 + \lambda_2 \mu_1} \dots\dots\dots(17)$$

Jika waktu perbaikan rata-rata tiap unit adalah r_1 , r_2 , dan r_3 , dimana : $r_1 = \frac{1}{\mu_1}$, $r_2 = \frac{1}{\mu_2}$, dan

$r_3 = \frac{1}{\mu_3}$, maka :

$$r_s = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_2 r_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \dots\dots\dots(18)$$

Besarnya $\lambda_1 r_1$ dan $\lambda_2 r_2$ akan sangat kecil, maka :

$$\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2 \cong \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 \dots\dots\dots(19)$$

Sehingga :

$$r_s = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}{\lambda_s} \dots\dots\dots(20)$$

Sehingga laju kerusakan dan perbaikan sistem yang tersusun secara seri dapat dinyatakan dengan :

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i \dots\dots\dots(21)$$

$$r_s = \frac{1}{\lambda_s} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i \dots\dots\dots(22)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Mekanisme proteksi yang diterapkan pada UIN SUSKA RIAU adalah mengalihkan trafik *working line* ke *protection line* (dengan jalur memutar) dengan cara memindahkan *switch* secara manual jika terdapat gangguan pada *working line*. Keandalan jaringan sangat dipengaruhi oleh keandalan elemen perangkat penyusun jaringan itu sendiri.

3.1 Data Perangkat

Untuk mendukung kelengkapan analisa ini dibutuhkan data laju kerusakan dan laju perbaikan untuk masing-masing komponen pendukung jaringan. Data perangkat yang digunakan adalah data komponen optik yang terdapat pada jaringan optik di lingkungan kampus Panam UIN SUSKA RIAU, yang dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Laju Kerusakan dan Laju Perbaikan Komponen

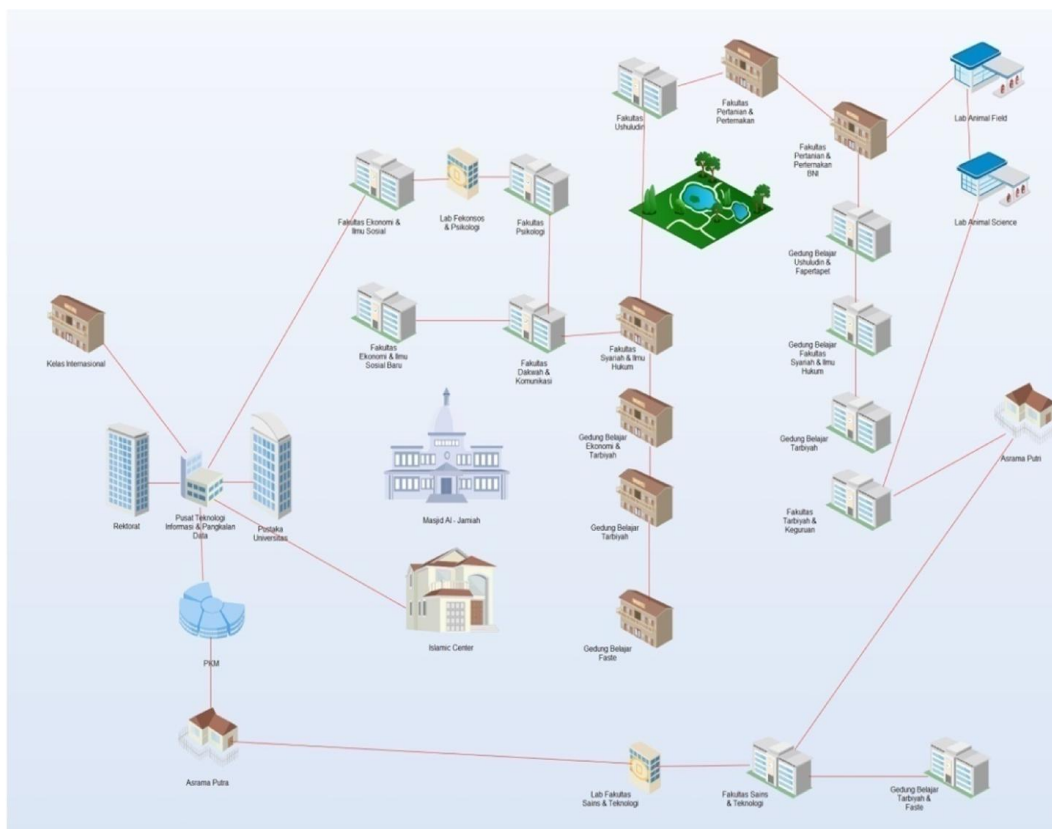
Komponen	Laju Kerusakan (λ)	Laju Perbaikan (μ)	
	Per-jam	MTTR (jam)*	Per-jam
CCR 1036	$4,35 \times 10^{-6}$	12-24	$4,167 \cdot 10^{-2} - 8,333 \cdot 10^{-2}$
OTB	25×10^{-9}	6-12	0,1667 – 0,08333
Switch	$3,84 \times 10^{-6}$	12-24	$4,167 \cdot 10^{-2} - 8,333 \cdot 10^{-2}$
Fiber Optik Singlemode	$3,000024 \times 10^{-9}$	24-48	$2,083 \cdot 10^{-2} - 4,167 \cdot 10^{-2}$
Connector FC	$1,7 \times 10^{-9}$	6	0,1667

Untuk memudahkan langkah dalam menganalisa keandalan sistem, maka ditetapkan beberapa asumsi yang akan digunakan dalam perhitungan, yaitu :

1. Kondisi yang mungkin terjadi pada jaringan hanya ada dua keadaan, yaitu beroperasi dan rusak.
2. Semua unit beroperasi pada keadaan *steady state* atau mempunyai probabilitas keadaan yang terbatas.
3. Aliran trafik bersifat *unidirectional*.

3.2 Analisa Keandalan Jaringan Optik di Lingkungan Kampus UIN Suska Riau

UIN Suska Riau menggunakan jaringan lokal akses fiber (Jarlokaf) dalam mentransmisikan data ke tiap-tiap gedung yang ada di lingkungan kampus UIN Suska. Jaringan optik di UIN Suska Riau merupakan gabungan dari konfigurasi star, bus, dan ring seperti yang terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Konfigurasi Network Optik di Kampus UIN Suska Riau

Dari denah di atas dapat dilihat bahwa ada 25 gedung di lingkungan kampus Panam UIN Suska Riau. Salah satu gedungnya adalah Gedung PTIPD yang merupakan Pusat penyedia layanan komunikasi data di UIN Suska Riau.

Jaringan optik dari PTIPD ke rektorat, kelas internasional, perpustakaan, dan *Islamic Center* menggunakan konfigurasi *star*. Sedangkan konfigurasi *bus* diterapkan pada jaringan optik dari Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum yang ditarik ke Gedung Belajar Ekonomi dan Tarbiyah, Gedung belajar Tarbiyah, dan Gedung Belajar Fakultas Sains dan Teknologi. Jaringan optik dari Fakultas Pertanian dan Peternakan ke Gedung Belajar Ushuludin dan Fapertapet, Gedung Belajar Fakultas Syariah dan Gedung Belajar Fakultas Tarbiyah juga menerapkan konfigurasi *bus*. Konfigurasi bus dan star yang diterapkan pada jaringan tersebut tidak dilengkapi dengan sistem *back-up*. Sehingga apabila ada komponen yang *down* atau link terputus, maka sistem akan *down*. Jika jaringan optik di Fakultas Syariah down, maka jaringan di Gedung Belajar Ekonomi dan Tarbiyah, Gedung belajar Tarbiyah, dan Gedung Belajar Fakultas Sains dan Teknologi juga akan *down*.

Untuk jaringan optik yang menggunakan konfigurasi ring, sistem proteksi akan berperan secara aktif pada saat terjadinya *failure* dengan mengalihkan trafik aktif ke rute alternatif yang telah ditetapkan. Pada sistem proteksi ini masih terdapat kelemahan, dimana proses *switch* ke rute alternatif masih dilakukan secara manual.

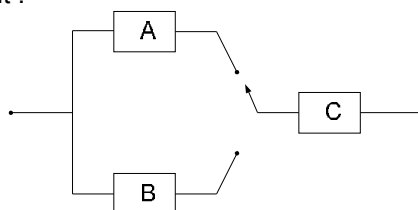
Perangkat-perangkat yang terdapat pada setiap link di jaringan optik di Kampus Panam UIN Suska Riau dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Link Jaringan Optik di UIN Suska Riau

No	Link	Jarak (km)	Perangkat
1	PTIPD – Fakultas Ekonomi	0,5	CCR-1036, FO, OTB, Switch, FC (2)
2	Fakultas Ekonomi – Lab. Fekon & Psi	0,364	FO, OTB, Switch, FC (2)
3	Lab Fekon & Psi – Fakultas Psikologi	0,11	FO, OTB, Switch, FC (2)
4	Fakultas Psikologi – Fakultas Dakwah	0,166	FO, OTB, Switch, FC (2)
5	Fakultas Dakwah – Fakultas Syariah	0,15	FO, OTB, Switch, FC (2)
6	Fakultas Syariah – Fakultas Ushuludin	0,225	FO, OTB, Switch, FC (2)
7	Fakultas Ushuludin – Fapertapet	0,22	FO, OTB, Switch, FC (2)
8	Fapertapet – Fakultas Tarbiyah	1,174	FO, OTB (4), Switch, FC (8)

9	Fakultas Tarbiyah – FST	0,9	FO, OTB (2), Switch, FC (4)
10	FST - Lab FST	0,15	FO, OTB, Switch, FC (2)
11	Lab FST – PTIPD	0,95	FO, OTB (2), Switch, CCR-1036, FC (6)

Untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan dengan menggunakan metode Markov, maka konfigurasi jaringan yang akan ditampilkan pada analisis ini adalah konfigurasi jaringan yang telah disederhanakan dengan menggunakan blok-blok diagram seperti yang terlihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Penyederhanaan Blok Keandalan Dua Network Elemen

Komponen **A** merupakan perangkat-perangkat optik yang tersusun seri ketika jalur utama dalam keadaan baik. Komponen **B** merupakan perangkat-perangkat optik yang tersusun seri ketika jalur utama dalam keadaan rusak/gagal. Sedangkan komponen **C** merupakan perangkat optik terminal tujuan.

3.2.1 Availability (Ketersediaan) Jaringan

Berikut salah satu kasus perhitungan nilai *availability* (ketersediaan) jaringan optik di lingkungan Kampus UIN Suska Riau dengan mengambil *Link* dari PTIPD ke Fakultas Ekonomi. Jarak antara PTIPD dengan Fakultas Ekonomi adalah 0,5 km. CCR-1036 merupakan router yang terdapat pada PTIPD yang terhubung ke fiber optik dengan topologi ring dimana 1 terminal terhubung ke perangkat optik di Fakultas Ekonomi dan 1 terminal terhubung ke PKM. Perangkat yang terdapat pada fakultas ekonomi dan PKM adalah OTB dan *switch*.

Perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan untuk komponen A, B, dan C adalah sebagai berikut:

- Laju kerusakan (λ) pada komponen A adalah sebagai berikut (dari persamaan 21) :

$$\lambda_A = \lambda_{CCR} + \lambda_{FO} + 2\lambda_{FC} = (4,35 \times 10^{-6}) + 0,5(3,000024 \times 10^{-9}) + 2(1,7 \times 10^{-9})$$

$$= 4,3549 \times 10^{-6} / \text{jam}$$

- Laju perbaikan (μ) pada perangkat A adalah sebagai berikut :

$$\mu_A = 1 / r_A$$

Dari persamaan 22, maka :

$$r_A = \frac{1}{\lambda_S} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i = \frac{1}{\lambda_A} [(r_{CCR} \times \lambda_{CCR}) + (r_{FO} \times 0,5 \lambda_{FO}) + 2(r_{FC} \times \lambda_{FC})]$$

$$= \frac{1}{4,3549 \times 10^{-6}} [(24 \times 4,35 \times 10^{-6}) + (48 \times 0,5 \times 3,000024 \times 10^{-9}) + 2(6 \times 1,7 \times 10^{-9})]$$

$$= 23,9942 \text{ jam}$$

$$\text{Maka : } \mu_A = 0,04167 / \text{jam}$$

- Laju kerusakan (λ) pada komponen B adalah sebagai berikut :

$$\lambda_B = \lambda_{CCR} + \lambda_{FO} + 28\lambda_{FC} + 14\lambda_{OTB}$$

$$= (4,35 \times 10^{-6}) + 4,409(3,000024 \times 10^{-9}) + 28(1,7 \times 10^{-9}) + 14(25 \times 10^{-9})$$

$$= 4,76083 \times 10^{-6} / \text{jam}$$

- Laju perbaikan (μ) pada perangkat B adalah sebagai berikut :

$$r_B = \frac{1}{\lambda_S} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i = \frac{1}{\lambda_B} [(r_{CCR} \times \lambda_{CCR}) + (r_{FO} \times 4,409 \lambda_{FO}) + 28(r_{FC} \times \lambda_{FC}) + 14(r_{OTB} \times \lambda_{OTB})]$$

$$= \frac{1}{4,76083 \times 10^{-6}} \left[(24 \times 4,35 \times 10^{-6}) + (48 \times 4,409 \times 3,000024 \times 10^{-9}) + 28(6 \times 1,7 \times 10^{-9}) + 14(12 \times 25 \times 10^{-9}) \right]$$

$$= 23,00451 \text{ jam}$$

Maka : $\mu_B = 0,04347 / \text{jam}$

- Laju kerusakan (λ) pada unit C adalah :

$$\lambda_C = \lambda_{OTB} + \lambda_{SW} = 25 \times 10^{-9} + 3,84 \times 10^{-6} = 3,865 \times 10^{-6} / \text{jam}$$

- Laju perbaikan (μ) pada unit C, adalah :

$$r_C = \frac{1}{\lambda_C} \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i = \frac{1}{\lambda_C} \left[(r_{OTB} \times \lambda_{OTB}) + (r_{SW} \times \lambda_{SW}) \right]$$

$$= \frac{1}{3,865 \times 10^{-6}} \left[(12 \times 25 \times 10^{-9}) + (24 \times 3,84 \times 10^{-6}) \right] = 23,92238 \text{ jam}$$

Maka : $\mu_C = 0,0418 / \text{jam}$

Laju kerusakan dan laju perbaikan unit A, B dan C dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Laju Kerusakan dan Laju Perbaikan *Link* PTIPD – Fakultas Ekonomi

Unit	Laju Kerusakan (per-jam)	Laju Perbaikan (per-jam)
A	$4,354 \times 10^{-6}$	0,04167
B	$4,76083 \times 10^{-6}$	0,04347
C	$3,865 \times 10^{-6}$	0,0418

Untuk menghitung ketersediaan jaringan, maka digunakan persamaan 11 :

$$A = P_1 = \frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} = \frac{(0,4167)(0,4347)}{(4,3549 \times 10^{-6} + 0,04167)(4,76083 \times 10^{-6} + 0,04347)}$$

$$= 0,999786 = 99,979\%$$

Hasil perhitungan *availability* untuk seluruh link yang terdapat di jaringan optik di lingkungan kampus Panam UIN Suska Riau dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Nilai *Availability* Jaringan Optik di UIN Suska Riau

No	Link	Availability (%)
1	PTIPD – Fakultas Ekonomi	99,97860215
2	Fakultas Ekonomi – Lab. Fekon & Psi	99,98903991
3	Lab Fekon & Psi – Fakultas Psikologi	99,98903991
4	Fakultas Psikologi – Fakultas Dakwah	99,98903991
5	Fakultas Dakwah – Fakultas Syariah	99,98903991
6	Fakultas Syariah – Fakultas Ushuludin	99,98903991
7	Fakultas Ushuludin – Fapertapet	99,98903991
8	Fapertapet – Fakultas Tarbiyah	99,9889438
9	Fakultas Tarbiyah – FST	99,98900787
10	FST - Lab FST	99,98903991
11	Lab FST – PTIPD	99,98900583

Seperti yang telah dijelaskan pada latar belakang, bahwa persyaratan *availability* (ketersediaan) jaringan optik berdasarkan kriteria Bellcore adalah 99,99%. Berdasarkan hasil yang diperoleh di atas, ternyata *availability* (ketersediaan) jaringan optik di lingkungan UIN Suska Riau masih sedikit di bawah standar ketersediaan jaringan optik.

3.2.2 Down Time System (DTS) Jaringan

Nilai *availability* yang telah diperoleh pada perhitungan sebelumnya, dapat dipergunakan untuk menghitung *Down Time System* jaringan optik di kampus Panam UIN Suska Riau. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, nilai *availability* untuk jalur optik dari PTIPD ke Fakultas Ekonomi diperoleh sebesar 99,97860215%. Sehingga, nilai *unavailability*

(ketidaktersediaan) dan *Down Time System* link PTIPD ke Fakultas Ekonomi adalah sebagai berikut:

$$\text{Ketidaktersediaan} = U = 100 \% - A = 100 \% - 99,97860215\% = 0,021397855 \% \\ = 2,1397855 \times 10^{-4}$$

$$\text{Down Time System} = 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam} \times 365 \text{ hari} \times U \\ = 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam} \times 365 \text{ hari} \times 2,1397855 \times 10^{-4} \\ = 112,4671 \text{ menit/tahun}$$

Hasil perhitungan *Down Time System* untuk seluruh *link* yang terdapat di jaringan optik di lingkungan kampus Panam UIN Suska Riau dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Nilai *Down Time System* Jaringan Optik di UIN Suska Riau

No	Link	DTS (menit/tahun)
1	PTIPD – Fakultas Ekonomi	112,4671
2	Fakultas Ekonomi – Lab. Fekon & Psi	57,60623
3	Lab Fekon & Psi – Fakultas Psikologi	57,60623
4	Fakultas Psikologi – Fakultas Dakwah	57,60623
5	Fakultas Dakwah – Fakultas Syariah	57,60623
6	Fakultas Syariah – Fakultas Ushuludin	57,60623
7	Fakultas Ushuludin – Fapertapet	57,60623
8	Fapertapet – Fakultas Tarbiyah	58,11139
9	Fakultas Tarbiyah – FST	57,77462
10	FST - Lab FST	57,60623
11	Lab FST – PTIPD	57,78534

Berdasarkan kriteria *Belcore*, ketersediaan suatu jaringan akses fiber harus lebih baik dari 99,99 % yang berarti bahwa nilai *down time system* maksimum adalah 52,56 menit pertahun. Hal ini diperoleh berdasarkan perhitungan:

$$\text{Ketidaktersediaan} = U = 100 \% - A = 100 \% - 99,99\% = 0,01\% \\ = 0,0001$$

$$\text{Down Time System} = 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam} \times 365 \text{ hari} \times U \\ = 60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam} \times 365 \text{ hari} \times 0,0001 \\ = 52,56 \text{ menit/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *Down Time System* jaringan optik di lingkungan kampus UIN Suska Riau seperti yang telah ditampilkan pada tabel 6 di atas, ternyata *Down Time System* jaringan optik di lingkungan UIN Suska Riau masih berada sedikit di bawah standar kelayakan jaringan optik.

Rendahnya nilai *availability* dan *down time system* jaringan optik di lingkungan kampus UIN Suska Riau disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Pengalihan trafik ke rute alternatif masih menggunakan sistem manual, sehingga waktu yang diperlukan untuk memindahkan *switch* akan menambah laju kerusakan dan laju perbaikan sistem.
2. Sistem proteksi tidak dilengkapi dengan back-up perangkat, hanya mengandalkan rute alternatif dengan konfigurasi ring. Apabila terdapat *back up* perangkat dengan sistem redundansi *standy* dengan *switch* otomatis, maka *ring switch* bukan menjadi satu-satunya solusi, karena trafik dapat dialihkan ke perangkat *back-up*. Di samping itu, kelebihanannya yang dapat memberikan rute alternatif, proses *ring switch* akan membuat lintasan semakin jauh, dan perangkat yang dilaluinya juga akan semakin banyak, sehingga resultan dari laju kerusakan akan semakin besar.

4. Kesimpulan

Nilai *availability* jaringan optik di lingkungan kampus UIN Suska Riau lebih kecil dari 99,99%, sehingga masih di bawah standar *availability* untuk jaringan optik (kriteria Bellcore). Begitu juga dengan nilai *down time system* jaringan yang masih di bawah standar untuk jaringan optik kerana masih lebih besar dari 52,56 menit/tahun. Hal ini disebabkan karena pengalihan trafik jaringan masih menggunakan sistem manual, sehingga waktu yang diperlukan untuk memindahkan *switch* dapat menambah laju kerusakan dan laju perbaikan sistem. Di

samping itu, jaringan optik di kampus UIN Suska Riau juga tidak memiliki perangkat *back-up*, sehingga keberhasilan jaringan sangat ditentukan oleh keberhasilan perangkat.

Daftar Pustaka

- [1] Arif Hamdani Gunawan dan Franky Ferdinand. Kajian Keandalan SDH pada JARLOKAF. *Elektronika Indonesia*. 2002; No. 44; Thn IX.
- [2] Baharuddin, Zulkifly A. Yusuf dan Bernat Rantetasak. Analisa Perawatan Berbasis Keandalan Sistem Distribusi Minyak Lumas Mesin Utama KMP, Bontobaru. *Jurnal Penelitian Enjiniring*. 2009; 12(2): 171 – 180. ISSN 1411-6243.
- [3] Frieda Irmada Putri dan Indra Herlamba Siregar. Rekam Jejak Kerusakan Traksi Motor Lokomotif untuk menentukan Interval Waktu Penggantian Komponen berdasarkan Keandalan (Reliabilitas). *Jurnal JTM*. Universitas Negeri Surabaya. 2014; 02(02): 53 – 60.
- [4] Mulyono dan Nanda Tri Putri. Analisis Performansi Infrastruktur Jaringan Fiber Optik di Lingkungan Kampus UIN Suska Riau. Laporan Penelitian. Pekanbaru: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau; 2014.
- [5] Poppy Dewi Lestari dan Rino Eldika. *Keandalan Sistem Instrumentasi PLTG di PT. PLN Teluk Lembu Pekanbaru*. Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi, dan Industri ke-3 (SNTIKI 3). Pekanbaru: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau. 2011; 423 – 429. ISSN 2085-9902.
- [6] R. Ramakumar. *Engineering Reliability - Fundamentals and Applications*. New Jersey: Englewood Cliffs. 1993: 50 – 112.
- [7] Riana Ayu Andam P, Sudarno, dan Suparti. *Kajian Availabilitas pada Sistem Paralel*. Seminar Nasional Statistika. Semarang: Universitas Diponegoro. 2013; 393 – 405. ISBN 978-602-14387-0-1.
- [8] Rika Susanti. Analisa Keandalan Sistem Proteksi Ring O-SNCP pada Jaringan *Transport DWDM* dan Teknologi Jaringan Akses Fiber GPON (Studi Kasus PT. CPI). Laporan Penelitian. Pekanbaru: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau; 2014.
- [9] Taufik Saleh, Darwanis, dan Usman Bakar. Pengaruh Kualitas Sistem Informasi terhadap Kualitas Informasi Akuntansi dalam Upaya meningkatkan Kepuasan Pengguna Software Akuntansi pada Pemerintah Aceh. *Jurnal Akuntansi*. 2012; 1(1): 110 – 124. ISSN 2302-0164.
- [10] Yani Iriani dan Ema Septisari Rahmadi. *Usulan Waktu Perawatan Berdasarkan Keandalan Suku Cadang Kritis Bus di Perum Damri Bandung*. 6th National Industrial Engineering Conference (NIEC-6). Surabaya. 2011; 171 – 178.