

Analisa Keandalan Jaringan *Local Area Network* (LAN) PT. Chevron Pacific Indonesia- Duri Menggunakan Distribusi Weibull

Jastin Siregar*, Irsan Taufik Ali**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: jastinsiregar31@yahoo.com

ABSTRACT

Reliability is the ability of a system or component performs all the functions needed specific time period. Reliability Networking Local Area Network (LAN) is determined from the failure rate. This journal discusses Reliability Networking LAN analysis based on the value of the MTTF. This failure occurs on a physical disorder that includes transmission side include electric, ups, switches, transmission (fiber optic), converters, patch cords, connectors and others. The method that used in analyzing reliability is Distribusi Weibull. The calculation method of the Weibull distribution parameters using LSM. From the calculation, the shape parameter value is 1.9664 and scale parameter value is 3.4039. MTTF value of 0.9936 months, the uptime value of 11.0664 month, reliability value of 0.9222.

Keywords : LAN, reliability, distribusi weibull.

I. PENDAHULUAN

Banyak penelitian yang telah membahas tentang analisa keandalan peralatan pada sistem telekomunikasi menggunakan metode distribusi Weibull. Penelitian yang sudah pernah dilakukan pada dasarnya memiliki kesamaan yakni untuk memperbaiki tingkat keandalan sistem.

Berdasarkan disertasi dari Olli Salmela pada tahun 2005 yang berjudul "*Reliability Assessment of Telecommunication Equipment*". Dalam bagian isi disertasi pada *chapter 7* dengan sub-judul "*Approximate Hazard Rate Selection for System Level Reliability Considerations*", terdapat alasan dan metode perhitungan bahwa distribusi Weibull dapat digunakan untuk menganalisa keandalan jaringan telekomunikasi dari tingkat keagalannya..

Ajeng Herty, Arjuni Budi Pantjawati, Iwan Kustiawan pada tahun 2013 dalam jurnal ilmiahnya dengan judul "*Analisis Availability sistem penanganan gangguan jaringan Speedy di PT. Telekomunikasi Indonesia tbk*

menganalisa *availability* sistem penanganan gangguan pada jaringan *speedy* di PT. Telkom. Metodenya adalah metode Weibull dengan menggunakan data sekunder. Analisis yang dilakukan meliputi waktu kegagalan (NHPP) dan waktu perbaikan dengan distribusi Weibull MLE lalu parameter yang diukur adalah MTTR (*Mean Time To Repair*). Penelitian dilakukan pada 4 lokasi gangguan yaitu gangguan pada system DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), jaringan lokal kabel tembaga (jarlokot), fiber optik dan transmisi. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kinerja penanganan gangguan pada sistem transmisi adalah yang terbaik dengan nilai *availability* sebesar 99,98%.

Jhon Cristian Napitupulu pada tahun 2013 dalam skripsinya dengan judul "*Analisa Keandalan Transformator Daya Menggunakan Distribusi Weibull*" menganalisa keandalan transformator daya dipengaruhi oleh tingkat keagalannya berdasarkan MTTF. Metode yang digunakan dalam menganalisis adalah

distribusi Weibull. Dengan menggunakan program matlab, didapat nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) transformator daya gardu induk titi kuning PT. PLN Persero adalah 0.4327 tahun, nilai rata-rata laju kegagalan (λ) adalah 2.3113 %/tahun.

Dari literatur *review* yang telah dilakukan, maka dapat dijadikan bahan untuk melakukan penelitian analisa keandalan jaringan. Penelitian yang akan dilakukan adalah analisa keandalan jaringan di PT. CPI-Duri dengan menggunakan Metode Distribusi Weibull.

Defenisi dan Manfaat LAN

LAN adalah sebuah *network* dimana hubungan yang terjadi hanya terbatas pada satu lokasi saja, misalnya dalam sebuah kompleks gedung yang biasa menggunakan penghubung kabel dan gelombang radio.

Pemanfaatan LAN adalah:

1. Data *sharing*, yaitu pemakaian sebuah *file* data secara bersama-sama oleh beberapa pemakai.
2. *Connectivity*, yaitu hubungan antara satu komputer dengan komputer lainnya.
3. *Pararel distributed processing*, yaitu pemrosesan data secara pararel dan terdistribusi pada masing-masing komputer.

Perangkat Keras Pada Jaringan LAN

1. *Repeater*. Suatu *network device* yang digunakan untuk memperkuat signal.
2. *Hub*. Alat yang tidak memiliki kemampuan untuk meneruskan data ke komputer lain yang berbeda *network ID*.
3. *Bridge*. Alat untuk memisahkan jaringan yang luas menjadi subjaringan yang lebih kecil.
4. *Switch*. Sejenis *bridge* yang juga bekerja pada lapisan data *link* tetapi memiliki keunggulan karena memiliki sejumlah *port* yang masing-masing memiliki domain *collision* sendiri-sendiri .
5. *Router*. Alat yang digunakan dalam *Local Area Network* (LAN). Informasi (paket

data) dapat diteruskan ke alamat-alamat yang berjauhan dan berada di *network* yang berlainan. Hal itu tidak dapat di lakukan oleh hub, *bridge* atau *switch*.

6. *Network Cable*. Jaringan komputer pada dasarnya adalah jaringan kabel yang menghubungkan sisi satu dengan sisi yang lainnya seperti koaksial dan fiber optik.
7. UPS. Sistem Penyedia daya listrik yang sangat penting dan diperlukan sekaligus dijadikan sebagai benteng dari kegagalan daya serta kerusakan sistem dan hardware.
8. Konektor. Sejenis *jack* yang dipasang di kedua ujung kabel.
9. *Patchcord*. Kabel fiber optik dengan panjang tertentu yang sudah terpasang konektor di ujungnya.

Laju Kegagalan

Laju kegagalan adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi dari suatu komponen, subsistem atau sistem.

Kebutuhan Akan Keandalan

Pada saat ini, keandalan menjadi faktor penting selama masa perancangan dari suatu sistem teknik sebagai bagian dari hidup, dan penjadwalan lebih diutamakan dibandingkan kepuasan terhadap fungsi dari pada sistemtersebut. Beberapa faktor yang menjadi faktor penting dalam peningkatan dari pentingnya keandalan dalam perancangan suatu sistem termasuk persaingan diantara para perancang, tekanan publik, peningkatan jumlah keandalan ataupun kualitas, tingkat kerumitan produk, harga proyek ataupun produk yang tinggi, dan kegagalan sistem sebelumnya yang dipublikasikan.

Hubungan Keandalan Dengan Pemeliharaan

Pemeliharaan tidak dapat dipisahkan terhadap keandalan. Jika suatu *instrument* dapat dibuat betul-betul andal, maka sama sekali tidak diperlukan pekerjaan

pemeliharaan. Oleh sebab itu adalah sangat essensial bagi orang-orang pemeliharaan mengetahui tentang keandalan dan hubungannya dengan masalah pemeliharaan. Pengetahuan tentang mana komponen yang hampir seluruhnya andal, mana yang kurang andal akan sangat membantu tugas pemeliharaan.

Dalam menentukan nilai dari keandalan yang diperoleh dalam perhitungan, maka nilai tersebut diskalakan (tingkat keandalan). Dalam pemberian skala dapat menggunakan acuan *Croanbach Alpha Reliability*.

Tabel 2.1 Skala Keandalan *Croanbach Alpha* (sumber: George and Mallery, 2003)

Nilai Croanbach Alpha	Tingkat Keandalan
0.0-0.20	Tidak Andal
>0.20-0.40	Kurang Andal
>0.40-0.60	Cukup Andal
>0.60-0.80	Andal
>0.80-1.00	Sangat Andal

Distribusi Weibull

Jika *time to failure* dari suatu komponen adalah T mengikuti distribusi Weibull dengan dua parameter yaitu θ (parameter bentuk) dan α (parameter skala), maka fungsi keandalannya adalah sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\theta} \quad (1)$$

Mean Time To Failure

Mean Time To Failure adalah rata-rata waktu suatu sistem akan beroperasi sampai terjadi kegagalan pertama kali. Waktu rata-rata kegagalan (*mean time to failure = MTTF*) dari suatu komponen yang memiliki fungsi densitas kegagalan (*failure density function*) $f(t)$ didefinisikan oleh nilai harapan dari komponen itu.

Secara matematis waktu rata-rata kegagalan dapat diekspresikan sebagai:

$$MTTF = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (2)$$

Least Squares Method (LSM)

LSM sangat umum diterapkan dalam persoalan teknik dan matematika yang sering tidak dianggap sebagai masaah estimasi. Lalu asumsikan bahwa hubungan linier antara dua variabel. Untuk estimasi dari parameter-parameter Weibull, lalu gunakan metode kuadrat terkecil. Gunakan rumus 3 sebagai berikut:

$$\ln \ln \frac{1}{1-F(t)} = \theta \ln t - \theta \ln \alpha \quad (3)$$

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, *input* data yang digunakan adalah kegagalan komponen, kuantitas penyebab jaringan down, dan solusi penyelesaian kinerja terhadap jaringan *down* dari bulan 1 sampai bulan 12 tahun 2012. Selanjutnya, dihitung indeks kegagalan yang merupakan laju kegagalan atau fungsi hazardous $\lambda(t)$ dan MTTF (*Mean Time To Failure*) pada sisi transmisi jaringan LAN di PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri yang meliputi *electric, ups, switch, transmission (fiber optic), converter, patch cord, dan connector*. Metode perhitungan laju kegagalan tersebut dihitung dengan menggunakan metode statistika yaitu Metode Distribusi Weibull. Selanjutnya, parameter Distribusi Weibull dihitung menggunakan metode LSM (*Least Square Method*).

Perhitungan Fungsi Kumulatif Gangguan

Untuk mendapatkan nilai fungsi laju kegagalan, nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) dan nilai *Reliability* atau keandalan $R(t)$, terlebih dahulu dihitung nilai parameter distribusi weibull dengan menghitung nilai fungsi kumulatif. Nilai fungsi kumulatif ini adalah jumlah dari banyaknya gangguan dari tiap kegagalan setiap bulannya. Jumlah tersebut merupakan alur banyaknya gangguan tiap bulannya. Nilai fungsi probabilitas kumulatif dihitung secara manual adalah:

$$F(t) = i/(N+1) \quad (4)$$

(N=jumlah total gangguan)

Perhitungan Parameter Distribusi Weibull

Pada tahap ini, setelah mendapatkan nilai fungsi probabilitas kumulatif, maka dihitung parameter distribusi Weibull. Nilai dari fungsi probabilitas kumulatif merupakan nilai dari $F(t)$. Untuk menghitung parameter distribusi weibull, digunakan persamaan 5.

$$\ln \ln \frac{1}{1-F(t)} = \theta \ln t - \theta \ln \alpha \quad (5)$$

$$\text{Misalkan: } \ln \ln \frac{1}{1-F(t)} = Y \quad (6)$$

$$\ln(t) = X \quad (7)$$

$$y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t)}))) \quad (8)$$

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln t(i) \quad (9)$$

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t(i) \cdot (\ln(\ln(\frac{1}{1-F(t)})))) - (\sum_{i=1}^n \ln(\ln(\frac{1}{1-F(t)}))) \cdot (\sum_{i=1}^n \ln t(i))}{\sum_{i=1}^n (\ln t(i))^2 - (\sum_{i=1}^n \ln t(i))^2} \quad (10)$$

$$\alpha = e^{y-x/\theta} \quad (11)$$

Dimana :

$F(t)$ = Fungsi Peluang Komulatif

θ = Shape Parameter

α = Scale Parameter

n = Jumlah Komulatif Kegagalan

Perhitungan Laju Kegagalan

Pada tahap ini, setelah mendapatkan nilai dari $\theta =$ Shape Parameter (Parameter Bentuk) dan $\alpha =$ Scale Parameter (Parameter Skala), maka dilakukan perhitungan laju kegagalan. Perhitungan laju kegagalan ini merupakan laju kegagalan dari tiap bulan. Perhitungan fungsi laju kegagalan dihitung dengan menggunakan persamaan 12.

$$\lambda(t) = \frac{\theta}{\alpha} t^{\theta-1} \quad (12)$$

Dimana :

$\lambda(t)$ = Fungsi Laju Kegagalan

θ = Shape Parameter (Parameter Bentuk)

α = Scale Parameter (Parameter Skala)

Perhitungan Nilai MTTF

Pada tahap ini, setelah mendapatkan nilai dari perhitungan laju kegagalan $\lambda(t)$, maka dari hasil perhitungan tiap bulannya dirata-ratakan untuk mencari nilai λ_{av} . Setelah mendapat nilai λ_{av} , maka bisa dilakukan perhitungan MTTF. Persamaan yang

digunakan untuk menghitung MTTF (*Mean Time To Failure*) adalah persamaan 13.

$$MTTF = \frac{1}{\lambda_{av}} \quad (13)$$

Dimana :

MTTF = Waktu rata-rata terjadi kegagalan (Bulan)

λ_{av} = Laju kegagalan atau fungsi hazardous (%bulan)

Menyimpulkan Nilai Keandalan

Setelah mendapatkan nilai dari MTTF (*Mean Time To Failure*), maka dapat dihitung nilai keandalannya. Dalam menentukan nilai dari keandalan yang diperoleh dalam perhitungan, maka nilai tersebut diskalakan (tingkat keandalan) menggunakan acuan *Croanbach Alpha Reliability*. Untuk menghitung nilai keandalannya maka dihitung nilai dari *Uptime* keseluruhan. Untuk menghitung nilai *Uptime*, digunakan persamaan 14.

$$Uptime = \text{Jumlah waktu} - MTTF \quad (14)$$

Dimana :

Jumlah waktu = 12 bulan

MTTF = Jumlah kegagalan (Bulan)

Setelah mendapatkan nilai *Uptime*, maka dapat dihitung nilai Keandalan (*Reliability*) dengan menggunakan persamaan 15.

$$Reliability = \frac{\text{nilai uptime}}{\text{jumlah waktu}} \quad (15)$$

Dimana :

Nilai Uptime = Hasil sebelumnya (Bulan)

Jumlah waktu 1 tahun = 12 (Bulan)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pengambilan data gangguan jaringan LAN, dibagi menjadi 3 wilayah gangguan yaitu Duri Field, Duri Camp dan Bekasap, lalu dihitung banyaknya jumlah gangguan tiap wilayah gangguan tersebut. Data gangguan tersebut pada sisi transmisi jaringan LAN di PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri yang meliputi *electric, ups, switch, transmission (fiber optic), converter, patch cord, dan connector*. Hasil dari pengambilan data dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Tabel Gangguan Jaringan Tiap Daerah Gangguan

Gangguan Tiap Wilayah	Jumlah Gangguan
Duri <i>Field</i>	37
Duri <i>Camp</i>	55
Bekasap	7
Jumlah	99

Hasil Perhitungan Fungsi Kumulatif Gangguan

Hasil perhitungan fungsi probabilitas kumulatif dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Fungsi Probabilitas kumulatif

Bulan	Jumlah Gangguan Tiap Bulan	Jumlah Kumulatif Gangguan (i)	Fungsi Peluang Kumulatif F(t), F(t)=i(N+1), (N=99)
1<t≤2	6	6	0.06
2<t≤3	7	13	0.13
3<t≤4	7	20	0.2
4<t≤5	12	32	0.32
5<t≤6	6	38	0.38
6<t≤7	8	46	0.46
7<t≤8	5	51	0.51
8<t≤9	7	58	0.58
9<t≤10	8	66	0.66
10<t≤11	7	73	0.73
11<t≤12	14	87	0.87
12<t≤13	12	99	0.99

Dari tabel 3.2, dapat dilihat bahwa perbandingan antara jumlah kumulatif gangguan dengan fungsi peluang kumulatif adalah berbanding lurus. Semakin tinggi nilai dari jumlah kumulatif, maka fungsi peluang kumulatifnya juga semakin tinggi. Ini karena pengaruh nilai dari jumlah kumulatif merupakan salah satu parameter dari perhitungan fungsi peluang kumulatif.

Hasil Perhitungan Parameter Distrbusi Weibull

Tabel 3.3 Nilai X dan Y

Bulan	Fungsi Peluang Kumulatif F(t), F(t)=i(N+1), (N=99)	X=ln(t), t>1	Y=lnln 1/(1-F(t))
1<t≤2	0.06	0.6931	-2.7826
2<t≤3	0.13	1.0986	-1.9714
3<t≤4	0.2	1.3863	-1.4999
4<t≤5	0.32	1.6094	-0.9528
5<t≤6	0.38	1.7918	-0.7381
6<t≤7	0.46	1.9459	-0.4842
7<t≤8	0.51	2.0794	-0.3378
8<t≤9	0.58	2.1972	-0.1421
9<t≤10	0.66	2.3026	0.0759
10<t≤11	0.73	2.3979	0.2695
11<t≤12	0.87	2.4849	0.7131
12<t≤13	0.99	2.5649	1.5272

Dari tabel 3.3, dapat dilihat bahwa perbandingan antara bulan, X, dan Y adalah berbanding lurus. Apabila waktu (t) meningkat, maka nilai dari X dan Y juga meningkat. Ini disebabkan karena adanya pengaruh waktu dalam perhitungan fungsi untuk mendapatkan nilai X dan Y.

Nilai *Shape Parameter* (Parameter Bentuk) adalah 1.9644

Scale Parameter (Parameter Skala) adalah 3.4039.

Analisa Data Fungsi Laju Kegagalan atau Fungsi Hazardous

Tabel 3.4 Nilai Fungsi Laju Kegagalan

Bulan	SHAPE PARAMETER (θ)	SCALE PARAMETER (α)	FUNGSI LAJU KEGAGALAN λt(%)
1<t≤2			0.18%
2<t≤3			0.35%
3<t≤4	1.9644	3.4039	0.51%
4<t≤5			0.67%
5<t≤6			0.84%

Bulan	SHAPE PARAMETER (θ)	SCALE PARAMETER (α)	FUNGSI LAJU KEGAGALAN $\lambda t(\%)$
6<t≤7			1.00%
7<t≤8			1.16%
8<t≤9			1.32%
9<t≤10	1.9644	3.4039	1.47%
10<t≤11			1.63%
11<t≤12			1.79%
12<t≤13			1.95%

Dari tabel 3.4 dapat dilihat peningkatan fungsi laju kegagalan dari tiap bulannya. Peningkatan nilai fungsi laju kegagalan tersebut dipengaruhi oleh parameter t yaitu bulannya. Semakin tinggi bulannya, semakin tinggi nilai fungsi laju keagalannya.

Laju rata-rata kegagalan adalah $\lambda \alpha v$

$$\begin{aligned} \lambda \alpha v &= (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \\ &\lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12}) / 12 \\ &= 1.0711 \text{ \%/bulan} \end{aligned}$$

Hasil Perhitungan Nilai MTTF (*Mean Time To Failure*)

Dari nilai fungsi laju kegagalan tiap bulannya, maka mempunyai nilai laju rata-rata kegagalan yaitu 1.0711 %/bulan. Dari nilai laju rata-rata kegagalan, maka dapat dihitung nilai MTTF. Jadi MTTF dalam 1 tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \frac{1}{\lambda \alpha v} \\ \text{MTTF} &= \frac{1}{1.0711 \text{ \%/bulan}} \\ \text{MTTF} &= 0.9336 \text{ bulan} \end{aligned}$$

Analisa Keandalan (*Reliability*) Jaringan LAN

Bila MTTF adalah 0.9336 bulan, maka ketersediaan (*uptime*) dalam 1 tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Uptime} &= 12 \text{ bulan} - 0.9336 \text{ bulan} \\ &= 11.0664 \text{ bulan} \end{aligned}$$

Jadi, nilai keandalan yang dalam hal ini adalah probabilitas suatu komponen melakukan fungsi yang diinginkan dalam periode waktu 1 tahun adalah sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Reliability} &= \text{nilai } \textit{uptime} / \text{jumlah waktu 1 tahun} \\ &= 11.0664 \text{ bulan} / 12 \text{ bulan} \\ &= 0.9222 \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan acuan *Croanbach Alpha Reliability*, dapat disimpulkan bahwa keandalan jaringan LAN di PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri adalah sangat baik (sangat andal).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Wilayah gangguan terbesar adalah wilayah pada Duri *Camp* sebesar 55 gangguan.
2. Nilai dari parameter bentuk (*shape parameter*) adalah 1.9644 dan nilai dari parameter skala (*scale parameter*) adalah 3.4039.
3. Nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) jaringan LAN PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri adalah 0.9936 bulan.
4. Nilai *uptime* dari ketersediaan jaringan LAN PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri adalah 11.0664 bulan.
5. Nilai *Reliability* (keandalan) jaringan LAN PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri adalah 0.9222.
6. Dari nilai keandalan tersebut dapat disimpulkan bahwa keandalan jaringan PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri adalah sangat baik (sangat andal) karena mendekati nilai 1.

Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan analisa perhitungan ekonomi seperti *cost* analisis, manajemen analisis, maupun *maintenance* analisis. Untuk pengembangan lebih lanjut, dapat dilakukan penelitian di perusahaan lainnya dengan metode yang sama maupun berbeda.

2. Pemeliharaan yang lebih terjadwal dan mempunyai rekam data, memberikan nilai keandalan yang lebih baik pula.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fawzan. (2000). *Methods For Estimating The Parameters of The Weibull Distribution*. King Abdulaziz City for Science and Technology. Saudi Arabia.
- Chistian, Jhon. (2013). *Analisa Keandalan Transformator Daya Menggunakan Distribusi Weibull*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Ebeling, E. Charles. (1997). *Calculating, Interpreting, and Reporting, Cronbach's Alpha Reliability Coefficient for Linkert-Type Scales*.
- Joseph & Rosemary. (2003). "Calculating, Interpretin, and Reporting Croanbach's Alpha Reliability Coefficient for Likert-Type Scales".
- Hendrawan, Herman. dkk. (2005). *Analisi Back-Up System Penyuplai Daya Listrik Di Gedung Bertingkat Bogor Trade Mall (BTM)*. Universitas Pakuan. Bogor.
- Herty, Ajeng. dkk. (2013). *Analisis Availability Sistem Penanganan Gangguan Jaringan Speedy Di PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk*. Jurnal Penelitian. Fakultas Teknik Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Jogiyanto. (2000). *Sistem Informasi Berbasis Komputer*. Edisi II. BPFE-Yogyakarta. Yogyakarta.
- Masruroh, Nisa. (2008). *Perencanaan Kegiatan Perawatan Pada Unit Produksi Butiran (Padat) Dengan Basic RCM (Reliability Centered Maintenance) Di PT. Petrokimia Kayaku Gresik*. Skripsi Sarjana, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Jawa Timur.
- Mayuda, Antaresa. (2013). *Fiber Optic Pada Jaringan Backbone Topologi Star Di PT. Dirgantara Indonesia Dalam Arsitektur FTTB*. Makalah Seminar Kerja Praktek, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Nursiyanta, Pulung. (2011). *Macam-Macam Perangkat Keras Jaringan Komputer*. Makalah, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sachbudi Abbas Ras. (2005). "Rekayasa Keandalan Produk", Teknik Industri, Universitas INDONUSA Esa Unggul. Jakarta.
- Salmela, Espoo. (2005). *Reliability Assessment of Telecommunications Equipment*. Disertasi Doctor, Helsinki University of Technology. Finland.
- Shiono, Noboru., Arai, Eisuke., & Mutoh, Shin'ichiro. (2013). *Historical Overview of Semiconductor Device Reliability for Telecommunication Network*, NTT. Japan.
- Sukaridhoto, Sri trusta. (2014). *Buku Jaringan Komputer 1*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Surabaya.
- Sopandi, D. (2006). *Instalasi dan Konfigurasi Jaringan Komputer*. Edisi Revisi. Penerbit Informatika. Bandung.
- Wahana. (2003). *Pengembangan Jaringan Linux*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Wimatra, Ayub. Dkk. (2008). *Dasar-Dasar Komputer*. Medan.
- Yuwono, T. (1991). *Foxpro-LAN Pemrograman Foxbase Professional Pada Local Area Network*. Penerbit PT Elex Media Komputindo. Jakarta.