

ANALISA KEANDALAN JARINGAN *LOCAL AREA NETWORK* (LAN) PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA- DURI MENGGUNAKAN DISTRIBUSI WEIBULL

Jastin Siregar¹⁾, Irsan Taufik Ali²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro Universitas Riau

²⁾ Program Studi Teknik Informatika Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Email : jastinsiregar31@yahoo.com¹⁾, irsan_ali@yahoo.co.uk²⁾

Abstrak

Keandalan merupakan kemampuan sistem atau komponen melakukan fungsi yang dibutuhkan sepanjang waktu periode yang spesifik. Keandalan Jaringan Local Area Network (LAN) ditentukan dari tingkat kegagalannya. Makalah ini membahas tentang analisa keandalan jaringan LAN PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri, berdasarkan nilai dari MTTF. Kegagalan ini terjadi pada gangguan fisik sisi transmisi yang meliputi *electric, ups, switch, transmission (fiber optic), converter, patch cord, connector* dan lain-lain. Metode yang digunakan dalam menganalisa keandalan ini adalah Distribusi Weibull. Metode perhitungan parameter Distribusi Weibull tersebut menggunakan metode LSM. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai parameter bentuk yaitu 1.9664 dan nilai parameter skala yaitu 3.4039. Nilai MTTF sebesar 0.2865 bulan, nilai uptime sebesar 11.7135 bulan, nilai keandalannya sebesar 0.9761.

Kata kunci: LAN, Keandalan, Distribusi Weibull.

1. Pendahuluan

PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri merupakan perusahaan besar yang menuntut jaringan LAN selalu andal dengan standar keandalan 0.995 %, sehingga komunikasi antara departemen bisa tetap terhubung. Jaringan PT. CPI-Duri terbagi menjadi 3 bagian yaitu Duri *Field*, Duri *Camp*, dan Bekasap. Dengan melakukan analisa keandalan, PT. Chevron Pacific Indonesia dapat menentukan suatu program pemeliharaan yang bermanfaat mengurangi terjadinya gangguan pada peralatan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memprediksi waktu terjadinya kegagalan (*downtime*) sehingga dapat memutuskan penggantian atau perawatan terhadap komponen yang dikhawatirkan mengalami kegagalan. Kegiatan tersebut dilakukan untuk menghemat biaya perawatan yang beroperasi pada tempat yang jauh dari sumber suku cadang peralatan dan tenaga kerja pemeliharaan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, agar mutu keandalan jaringan dapat ditingkatkan, maka hal pertama yang dapat dilakukan adalah mengetahui bagaimana kondisi keandalan jaringan LAN yang ada di PT. Chevron Pacific

Indonesia-Duri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas penyebab jaringan *down* dan menghitung indeks keandalan jaringan melalui perhitungan laju kegagalan atau fungsi *Hazardous* $\lambda(t)$ dan MTTF (*Mean Time To Failure*) dengan menggunakan Metode Distribusi Weibull..

A. Tinjauan Pustaka

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 bahwa distribusi Weibull cocok untuk menganalisa keandalan jaringan telekomunikasi dari tingkat kegagalannya. Karakteristik distribusi Weibull adalah mempunyai laju kegagalan yang meningkat dan menurun. Karakteristik tersebut sesuai dengan data penelitian yang dilakukan [1].

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% [2].

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 [3].

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.

B. Landasan Teori Laju Kegagalan

Menurut Ebeling (1997), 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 [4].

Kebutuhan Akan Keandalan (Jhon Cristian, 2013)

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 sistem tersebut. 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 [3].

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 (Nisa,2008) [5].

Menurut George and Mallery (2003), dalam menentukan nilai dari keandalan yang diperoleh dalam perhitungan, maka nilai tersebut diskalakan (tingkat keandalan). Dalam pemberian skala dapat menggunakan acuan *Croanbach Alpha Reliability* seperti yang terdapat pada tabel 1 [6].

Tabel 1 Skala Keandalan *Croanbach Alpha* (sumber: George and Mallery, 2003)

Nilai Croanbach Alpha	Tingkat Keandalan
0.0-0.20	Tidak Andial
>0.20-0.40	Kurang Andial

>0.40-0.60	Cukup Andial
>0.60-0.80	Andial
>0.80-1.00	Sangat Andial

Distribusi Weibull (Jhon Cristian, 2013)

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 terdapat pada persamaan (1) sebagai berikut [3]:

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

Mean Time To Failure (Jhon Cristian, 2013)

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 [3].

Secara matematis waktu rata-rata kegagalan dapat diekspresikan pada persamaab (2) sebagai berikut [3]:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda_{av}} \tag{2}$$

Least Squares Method (Al-Fawzan,2000)

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 persamaan (3) sebagai berikut [7]:

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

C. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, *input* datanya berupa kegagalan komponen, kuantitas penyebab 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 pada persamaan (4) sebagai berikut:

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

(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 mengitung parameter distribusi weibull, digunakan persamaan (5-11) sebagai berikut:

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

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

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

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

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

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

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

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) berikut ini.

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

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) berikut ini.

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

Dimana :

MTTF = Waktu rata-rata terjadi kegagalan (Bulan)

λ_{av} = Laju kegagalan (%/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 mengitung nilai Uptime, digunakan persamaan (14) berikut ini.

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

Dimana :

Jumlah waktu = 12 bulan

MTTF = Jumlah kegagalan (Bulan)

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

$$Reliability = \text{nilai uptime} / \text{jumlah waktu 1 tahun} \quad (15)$$

Dimana :

Nilai Uptime = Hasil sebelumnya (Bulan)

Jumlah waktu 1 tahun = 12 (Bulan)

2. 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 2 di bawah ini.

Tabel 2 Tabel Gangguan Jaringan Tiap Daerah Gangguan

Gangguan Tiap Wilayah	Jumlah Gangguan
Duri Field	37
Duri Camp	55
Bekasap	7
Jumlah	99

Hasil Perhitungan Fungsi Kumulatif Gangguan

Hasil perhitungan fungsi probabilitas kumulatif dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 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

Bulan	Jumlah Gangguan Tiap Bulan	Jumlah Kumulatif Gangguan (i)	Fungsi Peluang Kumulatif F(t), F(t)=i(N+1), (N=99)
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 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 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, 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.

Selanjutnya, setelah mendapatkan nilai dari X dan Y, maka nilai dari parameter bentuk dan parameter skala dapat dihitung. Nilai *Shape Parameter* (Parameter Bentuk) adalah 1.9644 dan nilai *Scale Parameter* (Parameter Skala) adalah 3.4039.

Analisa Data Fungsi Laju Kegagalan atau Fungsi Hazardous

Tabel 4 Nilai Fungsi Laju Kegagalan

Bulan	Shape Parameter (θ)	Scale Parameter (α)	Fungsi Laju Kegagalan λt(%)
1<t≤2			0.5771 %/bulan
2<t≤3			1.1261 %/bulan
3<t≤4			1.6650 %/bulan
4<t≤5			2.1974 %/bulan
5<t≤6			2.7250 %/bulan
6<t≤7	1.9644	3.4039	3.2489 %/bulan
7<t≤8			3.7696 %/bulan
8<t≤9			4.2877 %/bulan
9<t≤10			4.8035 %/bulan
10<t≤11			5.3173 %/bulan
11<t≤12			5.8292 %/bulan
12<t≤13			6.3395 %/bulan

Dari tabel 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 λ_{av}

$$\lambda_{av} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12}) / 12$$

$$= 3.4905 \text{ %/bulan}$$

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:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda_{av}}$$

$$MTTF = \frac{1}{3.4905 \text{ %/bulan}}$$

$$MTTF = 0.2865 \text{ bulan}$$

Analisa Keandalan (Reliability) Jaringan LAN

Bila MTTF adalah 0.2865 bulan, maka ketersediaan (*uptime*) dalam 1 tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Uptime &= 12 \text{ bulan} - 0.2865 \text{ bulan} \\ &= 11.7135 \text{ bulan} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Reliability &= \text{nilai } uptime / \text{jumlah waktu 1 tahun} \\ &= 11.7135 \text{ bulan} / 12 \text{ bulan} \\ &= 0.9761 \end{aligned}$$

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

3. 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 0.2865 bulan.
4. Nilai *uptime* dari ketersediaan jaringan LAN PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri adalah 11.7135 bulan.
5. Nilai *Reliability* (keandalan) jaringan LAN PT. Chevron Pacific Indonesia-Duri adalah 0.9761.
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 dari penelitian ini adalah 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.

Daftar Pustaka

- [1] Salmela, Espoo. Reliability Assessment of Telecommunications Equipment. Disertasi Doctor, Helsinki University of Technology. Finland, 2005.
- [2] Herty, Ajeng. dkk. Analisis Availability Sistem Penanganan Gangguan Jaringan Speedy Di PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk. Jurnal Penelitian. Fakultas Teknik Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung, 2013.
- [3] Chistian, Jhon. Analisa Keandalan Transformator Daya Menggunakan Distribusi Weibull. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara. Medan, 2013.
- [4] Ebeling, E. Charles. Calculating, Interpreting, and Reporting, Cronbach's Alpha Reliability Coefficient for Linkert-Type Scales, 1997.

- [5] Masruroh, Nisa. 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, 2008.
- [6] Joseph & Rosemary. "Reliability and Maintainability Engineering", The McGraw-Hill Company Inc. New York, 2003.
- [7] Al-Fawzan. Methods For Estimating The Parameters of The Weibull Distribution. King Abdulaziz City for Science and Technology. Saudi Arabia, 2000.

Biodata Penulis

Justin Siregar, mahasiswa penelitian tingkat akhir tahun 2015, Program Studi Teknik Elektro S1, Konsentrasi Telekomunikasi Universitas Riau.

Irsan Taufik Ali, memperoleh gelar Sarjana Teknik Informatika (ST), Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, lulus tahun 2005. Memperoleh gelar Magister Teknologi Informasi (MT), Program Pasca Sarjana Magister Teknologi Informasi Universitas Gajah Mada Yogyakarta, lulus tahun 2008. Saat ini menjadi Dosen dan ketua program studi Teknik Informatika di Universitas Riau.

