

**PERFORMANCE ASSESSMENT BERBASIS RELIABILITY PADA BASE
TRANSCEIVER STATION (BTS) MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY
AVAILABILITY MAINTAINABILITY ANALYSIS DAN COST OF UNRELIABILITY
(COUR)**

(Studi Kasus : *Base Transceiver Station (BTS)* – PT. Telkomsel Bandung)

Veronika Sari Asih, Rd. Rohmat Saedudin², dan Amelia Kurniawati³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹veronikasariasih@gmail.com, ²roja2128@gmail.com, ³amelia.kurniawati@gmail.com

Abstrak

Komunikasi merupakan salah satu aktivitas yang tidak dapat lepas dari kehidupan manusia. Saat ini, komunikasi semakin didukung dengan berbagai penemuan teknologi. Pertumbuhan teknologi juga berdampak pada penggunaan teknologi itu sendiri, dalam hal ini pelanggan telekomunikasi seluler. Asosiasi Telekomunikasi Seluler Indonesia (ATSI) mencatat, hingga akhir 2012, jumlah pelanggan seluler mencapai 300 juta pelanggan. Dalam dunia telekomunikasi, pembangunan infrastruktur untuk dapat memenuhi kebutuhan pelanggan adalah dengan menambah jumlah *Base Transceiver Station (BTS)*. Salah satu cara untuk memperkecil kerugian yang kemungkinan harus ditanggung oleh perusahaan adalah dengan meningkatkan *Reliability, Availability & Maintainability (RAM)* dari BTS itu sendiri dan *Cost of Unreliability (COUR)* untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dihasilkan oleh masalah RAM. Dengan menggunakan data-data berupa MTTF dan MTTR dari unit-unit, dilakukan pemodelan menggunakan Blocksim 9 untuk mengetahui nilai RAM dari sistem yang berguna untuk menilai kinerja dari sistem. Dari hasil pengolahan data menggunakan RAM Analysis dengan menggunakan pemodelan *reliability block diagram (RBD)* berdasarkan pada *analytical approach*, pada waktu 72 jam, Sistem memiliki nilai *reliability* (13.22%). Dengan nilai *Inherent Availability lagging* sebesar 98.32% pada waktu 8760 jam sudah memenuhi faktor *inherent availability leading* (97.67%) pada sistem. Berdasarkan pada evaluasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *world class maintenance key performance indicator (KPI)*, indikator dari *leading availability* sudah mencapai target indikator yang diberikan. Rata-rata nilai *Maintainability* sistem pada saat $t = 12$ jam adalah 96.3%. Serta dengan menggunakan perhitungan *Cost of Unreliability*, didapatkan biaya akibat ketidakhandalan sebesar \$2,340,421.98 berdasarkan *active repair time*, dan \$2,380,687.64 berdasarkan pada *downtime*.

Kata Kunci : *Reliability, Availability, Maintainability, KPI, COUR, RBD*

Abstract

Communication is one activity that can not be separated from human life. Currently, communication increasingly supported by various technological inventions. The growth of technology also have an impact on the use of the technology itself, in this case is the mobile telecommunications subscribers. Indonesian Cellular Telecommunications Association (ATSI) noted, until the end of 2012, the number of cellular subscribers to reach 300 million subscribers. In the world of telecommunications, infrastructure development in order to meet customer needs is to increase the number of Base Transceiver Station (BTS). One way to minimize the losses is to improve Reliability, Availability and Maintainability (RAM) from the BTS and Cost of Unreliability (COUR) to determine how much cost is generated by the RAM problem. By using the data in the form of MTTF and MTTR from the units, conducted modeling using Blocksim 9 to find out the value of RAM from the system that is useful for assessing the performance of system. From the results of the data processing using RAM Analysis using reliability block diagram modeling based on analytical approach, at the time the 72 hours, System reliability value (13.22). With lagging Availability Inherent value of 98.32% during 8760 hours already fulfill inherent factors leading availability (97.67%) on the system. Based on the evaluations that have been done using the world class maintenance key performance indicator (KPI), a leading indicator of availability has reached the target of a given indicator. The Average value of Maintainability system at the time $t = 12$ hours is 96.3%. As well as using the calculation Cost of Unreliability, obtained as a result of a Unreliability Cost \$2,340,421.98 based on active repair time, and \$2,380,687.64 based on downtime.

Keyword: *Reliability, Availability, Maintainability, KPI, COUR, RBD*

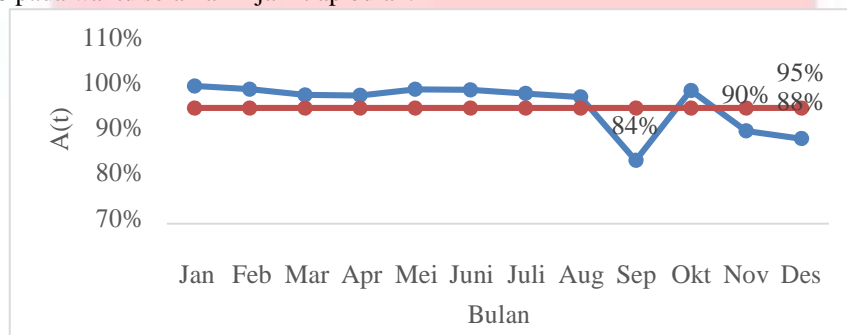
1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Komunikasi merupakan salah satu aktivitas yang tidak dapat lepas dari kehidupan manusia. Saat ini, komunikasi semakin didukung dengan berbagai penemuan teknologi. Pertumbuhan teknologi juga berdampak pada penggunaan teknologi itu sendiri, dalam hal ini pelanggan telekomunikasi seluler. Asosiasi Telekomunikasi Seluler Indonesia (ATSI) mencatat, hingga akhir 2012, jumlah pelanggan seluler mencapai 300 juta pelanggan. Padahal, penduduk Indonesia diperkirakan "baru" mencapai 243,6 juta pelanggan. Artinya, jika dihitung persentase, Indonesia memiliki penetrasi seluler 120 persen dalam jumlah pengguna jasa telekomunikasi seluler.

Pertumbuhan jumlah pelanggan ini tentunya juga harus diimbangi dengan pembangunan infrastruktur agar bisa memenuhi kebutuhan pelanggan dan memberikan pelayanan yang terbaik. PT Telkomsel merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang telekomunikasi seluler. PT Telkomsel merupakan perusahaan telekomunikasi yang dapat menjangkau pangsa pasar dengan menambah jumlah *Base Transceiver Station* (BTS). Hingga akhir tahun 2013 PT Telkomsel tercatat memiliki BTS sebanyak 69.864 unit.

Salah satu cara untuk memperkecil kerugian yang kemungkinan harus ditanggung oleh perusahaan adalah dengan meningkatkan *Reliability, Availability & Maintainability* (RAM) dari BTS itu sendiri. Adapun berikut adalah data *Availability* BTS pada waktu selama 24 jam tiap bulan.



Gambar 1 *Availability*

Dari data *availability* pada Gambar 1, didapatkan bahwa ada beberapa bulan *availability existing* berada di bawah standar internasional dari IVARA yaitu sebesar 95%. Untuk melakukan *RAM Analysis*, diperlukan perhitungan nilai *Reliability, Maintainability & Availability* berdasarkan pada data kerusakan (*Time to Failure*) dan waktu perbaikan (*Time to Repair*) pada sistem yang sedang diteliti [4], yaitu pada *Base Transceiver Station*. Untuk mengetahui unit kritis dari BTS dapat digunakan metode *Reliability Block Diagram* untuk mendapatkan model sistem yang dapat digunakan untuk mempermudah penentuan unit kritis yang menimbulkan kerugian terbesar bagi perusahaan, yang dapat ditunjukkan dengan *reliability* dan *availability* terendah pada BTS [2].

Untuk mengetahui seberapa besar sebenarnya seluruh biaya yang dihasilkan oleh masalah RAM [6], yaitu dengan menggunakan *Cost of Unreliability* (COUR). Dengan menggunakan COUR, selain sebagai untuk melihat seberapa besarnya biaya yang dikeluarkan karena masalah RAM, tapi juga menjadi parameter untuk melihat perubahan yang ditimbulkan oleh usulan peningkatan RAM pada BTS.

1.2 Perumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang akan diangkat pada penelitian ini, adalah sebagai berikut.

1. Berapa nilai *Reliability, Availability Factor* dan *Maintainability* dari unit dan sistem pada *Base Transceiver Station* (BTS) PT Telkomsel?
2. Berapa nilai *Cost of Unreliability* unit dan sistem pada *Base Transceiver Station* (BTS) PT Telkomsel?
3. Bagaimana *Performance Indicator* pada *Base Transceiver Station* (BTS) PT Telkomsel?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan permasalahan yang telah dipaparkan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai *Reliability, Availability Factor* dan *Maintainability* dari unit dan sistem pada *Base Transceiver Station* (BTS) PT Telkomsel.
2. Menentukan nilai *Cost of Unreliability* unit dan sistem pada *Base Transceiver Station* (BTS) PT Telkomsel.
3. Menentukan *Performance Indicator* pada *Base Transceiver Station* (BTS) PT Telkomsel.

2. Dasar Teori

2.1 Life Data Analysis

Life Data Analysis digunakan untuk memprediksi tentang kehidupan dari mesin atau *equipment*, dengan menyesuaikan sebuah distribusi statistik pada *life data* yang didapatkan dari sampel waktu selama mesin atau *equipment* tersebut berfungsi. Untuk melakukan *life data analysis*, praktisi diharuskan untuk:

1. mengumpulkan *life data* dari mesin atau *equipment*,
2. menentukan distribusi waktu yang mungkin sesuai dengan *life data*,
3. memperkirakan parameter distribusi yang mungkin sesuai pada distribusi statistik pada data,
4. menghasilkan plot data yang hasilnya dapat memperkirakan karakteristik hidup dari mesin atau *equipment*.

2.2 Reliability, Availability & Maintainability (RAM) Analysis

Reliability, Availability & Maintainability (RAM) Analysis adalah sebuah metode yang digunakan untuk memprediksi kinerja keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*) dan kemampuperawatan (*maintainability*) suatu sistem atau *equipment* dan sebagai alat untuk memberikan dasar untuk optimasi dari sistem atau *equipment* tersebut. Indikator kinerja utama dari RAM adalah *availability*, dimana adalah bagian dari waktu saat sistem tersebut berfungsi secara penuh. *RAM Analysis* dapat membantu untuk mengidentifikasi subsistem yang kritis dan sensitif dalam sistem produksi, yang dapat memberikan efek besar pada kinerja sistem.

2.3 Reliability (Keandalan)

Reliability merupakan probabilitas bahwa suatu komponen/sistem akan menjalankan suatu fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi [3]. Menurut Blanchard & Fabrycky (2006), *reliability* merupakan probabilitas bahwa sebuah unit akan memberikan kemampuan yang memuaskan untuk suatu tujuan tertentu dalam periode waktu tertentu ketika dalam kondisi lingkungan tertentu. Untuk mengukur keandalan tersebut digunakan fungsi keandalan yang oleh Ebeling (1997) dinyatakan dalam bentuk:

$R(t) = \text{Reliability} = \text{Peluang sebuah sistem dapat berfungsi dengan baik selama } (0, t)$

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_0^{\infty} f(t) dt$$

$f(t)$ adalah fungsi kepadatan peluang (*probability density function*) yang menyatakan kemungkinan terjadinya kegagalan pada komponen/sistem untuk periode waktu tertentu.

2.4 Availability

Menurut Moubray (1997), *availability* didefinisikan sebagai suatu ukuran waktu yang dibutuhkan bagi suatu sistem untuk benar-benar beroperasi. *Availability* dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem beroperasi sesuai fungsinya dalam suatu waktu tertentu dalam kondisi operasi yang telah ditetapkan [3].

2.4.1 Inherent Availability

Inherent availability merupakan ukuran kesiapan suatu sistem saat dievaluasi dalam kondisi lingkungan yang ideal [3]. *Inherent availability* dapat dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

2.5 Maintainability

Menurut Ebeling (1997), *maintainability* didefinisikan sebagai peluang suatu sistem atau komponen yang rusak dikembalikan pada kondisi kerja penuh dalam suatu periode waktu yang telah ditentukan dan dengan prosedur *maintenance* tertentu. Salah satu parameter *maintainability* yang umum digunakan adalah *Mean Time To Repair (MTTR)*. *MTTR* diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$MTTR = \int_0^{\infty} t \cdot h(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt$$

Dimana:

- $h(t)$ = fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan.
- $H(t)$ = fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan.
- T = waktu.

2.6 Cost of Unreliability (COUR)

Menurut Vicente (2012), istilah “*cost of unreliability*” sendiri berarti seluruh biaya yang merupakan hasil dari seluruh situasi yang berhubungan dengan masalah kegagalan realibilitas, dan termasuk juga semua biaya yang berhubungan dengan program keandalan yang buruk dan pekerjaan perawatan yang buruk. Elemen – elemen biaya yang digunakan dalam COUR adalah *direct cost* dan *indirect cost*. *Direct cost* terdiri dari *equipment/sparepart costs*, *labour/maintenance costs* dan *production costs*.

2.7 Maintenance Performance Indicator (MPI)

Pengukuran kinerja adalah suatu hal yang fundamental dalam manajemen. Hal ini menjadi penting karena dapat mengidentifikasi perbedaan antara kinerja saat ini dengan kinerja yang diinginkan, dan memberikan indikasi atas pengurangan perbedaan tersebut. Sebagai hasil dari beberapa perhitungan, *performance indicator (PI)* dapat digunakan dalam kegiatan perawatan, yang dinamakan *Maintenance Performance Indicator*. Indikator kinerja ini biasanya digunakan untuk mengurangi *down time*, biaya dan *waste*, beroperasi lebih efisien, dan meningkatkan kapasitas operasi. Daftar indikator kinerja akan merefleksikan kebutuhan dan tujuan perusahaan. Indikator kinerja dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu *Leading Indicator* atau *Lagging Indicator*.

3. Pembahasan

Tahapan yang dilakukan dalam pengolahan data, diantaranya:

1. Penentuan Distribusi yang Mewakili

Penentuan distribusi yang mewakili dilakukan dengan melakukan kecocokan distribusi dengan menggunakan *Anderson – Darling Test* pada *software Minitab 17*. Data yang diuji adalah TTF dan TTR dari masing – masing data, dengan menggunakan distribusi Normal, Eksponensial, dan Weibull.

2. Plotting Distribusi BTS

Plotting distribusi dilakukan pada *Unscheduled Maintenance Data* untuk mendapatkan parameter dari distribusi yang terpilih. Parameter yang digunakan adalah η dan β untuk distribusi weibull, μ dan σ untuk distribusi normal, dan μ untuk distribusi eksponensial.

3. Pendefinisian Sistem BTS

Definisi sistem dari BTS digunakan untuk melakukan pemodelan sistem menggunakan RBD.

4. Pemodelan *Reliability Block Diagram*

RBD dibentuk berdasarkan dari hubungan *functional failure* yang telah dijelaskan pada definisi sistem, sehingga dapat dibentuk RBD.

3.1 Perhitungan *Maintainability*

Perhitungan *maintainability* dilakukan dengan menggunakan *time to repair*, sehingga didapatkan nilai *maintainability* dari setiap unit BTS ANTAPANI, BTS ARCAMANIK, BTS BABAKAN LAKSANA, BTS BABAKAN SARI dan BTS BATUNUNGGAL.

Tabel 1 Perhitungan *Maintainability* dari Unit BTS

t(hour)	ANTAPANI	ARCAMANIK	BABAKAN LAKSANA	BABAKAN SARI	BATUNUNGGAL
1	51.38%	41.98%	61.34%	32.59%	53.54%
2	67.65%	53.94%	78.96%	81.48%	69.96%
3	76.93%	61.45%	87.53%	98.75%	79.09%
4	82.90%	66.85%	92.24%	99.98%	84.84%
5	87.00%	70.98%	95.01%	100.00%	88.71%
6	89.93%	74.27%	96.71%	100.00%	91.42%
7	92.08%	76.98%	97.79%	100.00%	93.37%
8	93.70%	79.24%	98.49%	100.00%	94.82%
9	94.94%	81.17%	98.96%	100.00%	95.91%
10	95.90%	82.83%	99.27%	100.00%	96.74%
11	96.65%	84.27%	99.48%	100.00%	97.38%
12	97.25%	85.54%	99.63%	100.00%	97.88%

3.2 Perhitungan *Reliability*

Perhitungan *reliability* dilakukan dengan menggunakan RBD pada kondisi sistem dengan *frozen state*, yaitu dengan blok-blok yang diketahui hanya karakteristik kerusakan (distribusi dan parameter terpilih dari unit) saja, dengan waktu yang diberikan berdasarkan dengan waktu yang konstan. waktu yang ditentukan adalah antara enam jam sampai dengan 72 jam, dengan interval enam jam. Tabel 2 menunjukkan nilai *reliability* dari sistem.

Tabel 2 Perhitungan *Reliability*

t (hour)	R _{system}
6	37.32%
12	30.15%
18	26.12%
24	23.25%
30	20.94%
36	19.23%
42	17.78%
48	16.58%
54	15.72%
60	14.69%
66	13.93%
72	13.21%

3.3 Perhitungan *Availability*

Perhitungan *availability* adalah perhitungan *availability* yang dilakukan dengan menggunakan RBD pada kondisi sistem dengan *frozen state*, yaitu dengan blok-blok yang diketahui hanya karakteristik kerusakan (distribusi dan parameter terpilih dari mesin) saja, dengan waktu yang diberikan oleh peneliti berdasarkan dengan waktu yang konstan. Tipe *availability* yang digunakan adalah *inherent availability*. Berdasarkan dari nilai *inherent availability* yang didapat, maka dengan menggunakan perumusan dan model RBD yang ada dapat dilakukan perhitungan *analytical inherent availability*. Tabel 3 menunjukkan hasil dari *inherent availability* sistem.

Tabel 3 Hasil dari *Inherent Availability*

t (hour)	AP1	AS1	AP2	AS2	AS3	AP3	AS4	AP4	AP5	AP6	AP7
8760	100.00%	99.79%	99.90%	95.88%	99.41%	99.40%	97.84%	99.89%	95.80%	100.00%	99.98%

AS5	AP8	AP9	AS6	AP10	AP11	AP12	AP13	AP14	AS7	AS8	Asystem
95.69%	90.78%	99.24%	99.17%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.38%	99.63%	86.69%	98.32%

3.4 Perhitungan *Cost of Unreliability*

Perhitungan COUR pertama dilakukan *failure rate*, *time lost*, dan *money lost*. *Failure rate* dilakukan dengan menggunakan data MTTF dari setiap unit. Perhitungan dari *failure rate* BTS ANTAPANI, BTS ARCAMANIK, BTS BABAKAN LAKSANA, BTS BABAKAN SARI dan BTS BATUNUNGGAL dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan *Failure Rate*

	ANTAPANI	ARCAMANIK	BABAKAN LAKSANA	BABAKAN SARI	BATUNUNGGAL
<i>Study Interval(hours)</i>	8760	8760	8760	8760	8760
<i>Number of Failures</i>	25	23	6	2	19
MTTF	423.4334502	493.7524036	3918.207171	29.85	2011.033464
<i>Failure Rate</i>	0.002361646	0.002025307	0.000255219	0.033500838	0.000497257

Kemudian dilakukan perhitungan *time lost* dengan menggunakan *corrective down time* dan *corrective repair time*, untuk menunjukkan waktu yang hilang dari sistem. Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan *corrective time lost* dan *downtime lost* dari BTS ANTAPANI, BTS ARCAMANIK, BTS BABAKAN LAKSANA, BTS BABAKAN SARI dan BTS BATUNUNGGAL.

Tabel 5 Hasil Perhitungan *Corrective Lost Time*

	ANTAPANI	ARCAMANIK	BABAKAN LAKSANA	BABAKAN SARI	BATUNUNGGAL
<i>Failure Rate</i>	0.002361646	0.002025307	0.000255219	0.033500838	0.000497257
<i>Number of Failures</i>	25	23	6	2	19
<i>Correvtive Time/Failure</i>	2.285053485	6.352932079	1.334115423	1.335	2.059194167
<i>Correvtive Lost Time Hours/Years</i>	57.12633713	146.1174378	8.00469254	2.67	39.12468917

Tabel 6 Hasil Perhitungan *Downtime Lost Time*

	ANTAPANI	ARCAMANIK	BABAKAN LAKSANA	BABAKAN SARI	BATUNUNGGAL
<i>Failure Rate</i>	0.002361646	0.002025307	0.000255219	0.033500838	0.000497257
<i>Number of Failures</i>	25	23	6	2	19
<i>Downtime Time/Failure</i>	2.5244	6.547826087	1.386666667	1.335	2.169473684
<i>DT Time Hours/Years</i>	63.11	150.6	8.32	2.67	41.22

Kemudian dilakukan perhitungan *money lost* dari kedua waktu yang hilang, dengan menambahkan *lost production cost*, *equipment cost* dan *labor maintenance cost*.

Tabel 7 Hasil Perhitungan *Corrective COUR*

	ANTAPANI	ARCAMANIK	BABAKAN LAKSANA	BABAKAN SARI	BATUNUNGGAL
<i>Correvtive Lost Time Hours/Years</i>	57.12633713	146.1174378	8.00469254	2.67	39.12468917
<i>Loss Profit</i>	\$51,084.66	\$130,664.06	\$7,158.12	\$2,387.62	\$34,986.86
<i>Equipment/Sparepart Cost</i>	\$2,240.81	\$5,731.54	\$313.99	\$104.73	\$1,534.69
<i>Labor Maintenance Cost</i>	\$118.82	\$303.92	\$16.65	\$5.55	\$81.38
<i>Corrective COUR</i>	\$53,444.29	\$136,699.52	\$7,488.75	\$2,497.91	\$36,602.93

Tabel 8 Hasil Perhitungan *Downtime COUR*

	ANTAPANI	ARCAMANIK	BABAKAN LAKSANA	BABAKAN SARI	BATUNUNGGAL
<i>DT Time Hours/Years</i>	63.11	150.6	8.32	2.67	41.22
<i>Loss Profit</i>	\$56,435.49	\$134,672.54	\$7,440.08	\$2,387.62	\$36,860.57
<i>Equipment/Sparepart Cost</i>	\$2,475.53	\$5,907.37	\$326.36	\$104.73	\$1,616.88
<i>Labor Maintenance Cost</i>	\$131.27	\$313.25	\$17.3056000	\$5.55	\$85.7376000
<i>DT COUR</i>	\$59,042.28	\$140,893.17	\$7,783.74	\$2,497.91	\$38,563.19

3.5 Pemodelan RAM dengan Simulasi

Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* Blocksim 9, dengan menggunakan RBD, parameter distribusi setiap unit (*Corrective* TTF, TTR, dan *Scheduled* TTR).

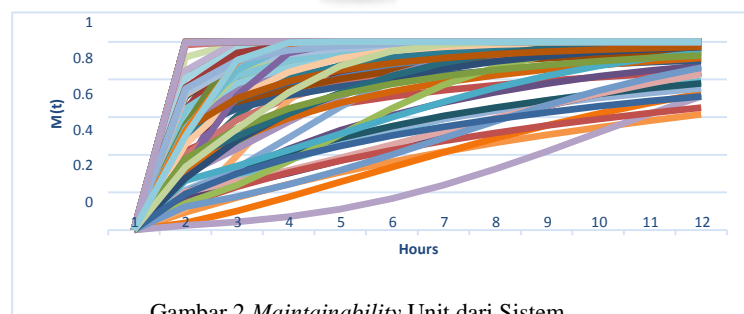
4. ANALISIS

Analisis Distribusi Waktu Pada Unit Sistem

Masing – masing unit memiliki distribusi yang berbeda – beda dari TTF dan TTR, yang membuat waktu MTTF dan MTTR dari setiap unit juga berbeda pentafsirannya.

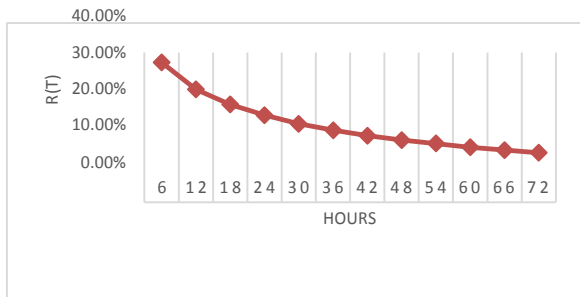
Analisis Maintainability

Maintainability dihitung dengan menggunakan seluruh kegiatan perawatan yang menyebabkan mesin mengalami *down*.

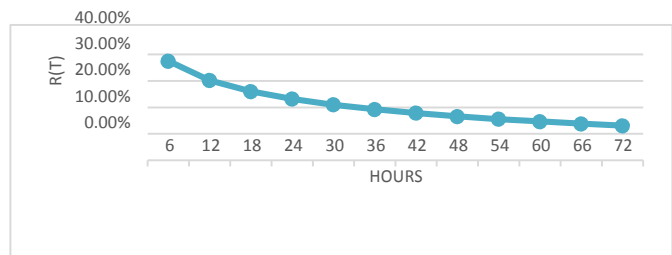


Gambar 2 *Maintainability* Unit dari Sistem

Analisis System Reliability



Gambar 3 Analytical System Reliability



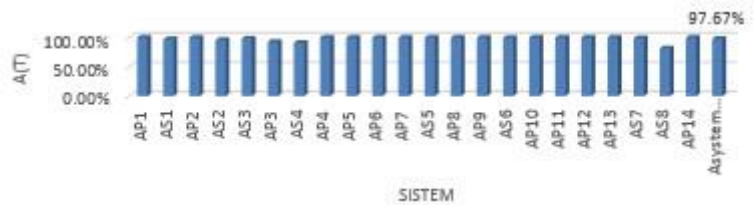
Gambar 4 System Reliability Simulation

Dari data *system reliability* ini perusahaan dapat menentukan *interval preventive maintenance* selama waktu yang terdapat peluang mesin untuk dapat melakukan fungsinya. Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5, maka pada sistem dapat dilakukan kegiatan PM setiap 72 jam. Dengan *reliability* sistem yang memiliki jangka waktu yang pendek, dapat dikatakan bahwa masih terdapat tempat untuk peningkatan.

Analisis Plant Availability Factor



Gambar 5 Inherent Availability



Gambar 6 Inherent Availability Simulation

Nilai dari *inherent availability* yang tinggi menunjukkan bahwa efektifitas dari sistem sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan bawaan dari dalam mesin-mesin pada sistem sangat baik, sehingga dapat menghasilkan MTTF dan MTTR yang optimal untuk *system availability*. Dengan target perusahaan untuk *availability* adalah 95%, dapat dikatakan bahwa *inherent availability* sudah melewati dari target yang diberikan.

Analisis Cost of Unreliability

Tabel 9 Money Lost Based on Corrective Time/Failure

	ANTAPANI	ARCAMANIK	BABAKAN LAKSANA	BABAKAN SARI	BATUNUNGGAL
Correvtive Lost Time Hours/Years	57.12633713	146.1174378	8.00469254	2.67	39.12468917
Loss Profit	\$51,084.66	\$130,664.06	\$7,158.12	\$2,387.62	\$34,986.86
Equipment/Sparepart Cost	\$2,240.81	\$5,731.54	\$313.99	\$104.73	\$1,534.69
Labor Maintenance Cost	\$118.82	\$303.92	\$16.65	\$5.55	\$81.38
Corrective COUR	\$53,444.29	\$136,699.52	\$7,488.75	\$2,497.91	\$36,602.93

Tabel 9 menunjukkan hubungan antara elemen-elemen biaya yang muncul disebabkan oleh masalah kehandalan. Antara *lost time* dan biaya saling berhubungan, semakin tinggi *lost hour* per tahunnya, maka biaya yang perlu dikeluarkan perusahaan akan semakin besar.

Tabel 10 Money Lost Based on Downtime / Failure

	ANTAPANI	ARCAMANIK	BABAKAN LAKSANA	BABAKAN SARI	BATUNUNGGAL
DT Time Hours/Years	63.11	150.6	8.32	2.67	41.22
Loss Profit	\$56,435.49	\$134,672.54	\$7,440.08	\$2,387.62	\$36,860.57
Equipment/Sparepart Cost	\$2,475.53	\$5,907.37	\$326.36	\$104.73	\$1,616.88
Labor Maintenance Cost	\$131.27	\$313.25	\$17.3056000	\$5.55	\$85.7376000
DT COUR	\$59,042.28	\$140,893.17	\$7,783.74	\$2,497.91	\$38,563.19

Tabel 10 menunjukkan keseluruhan hasil dari perhitungan *money lost* berdasarkan pada *downtime* masing-masing dari unit. Dapat disimpulkan bahwa besarnya *lost time* sangat berpengaruh terhadap besarnya *money lost* yang terjadi.

Analisis Maintenance Key Performance Indicator

Penilaian sistem tidak dapat dipisahkan dari penggunaan *key performance indicator*, karena KPI memberikan standar yang memudahkan untuk melihat batas yang jelas untuk menentukan bagus atau tidaknya suatu sistem tersebut. Untuk sistem BTS Bandung, digunakan IVARA *World Class Target for Key Performance Indicator*. Seperti halnya *Plant Availability Factor*, KPI ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu *leading indicator* dan *lagging indicator*.

Tabel 11 Pemenuhan Availability Indicator

A(t) Sistem BTS Bandung
Lagging : 98.32%
Leading : 97.67%
Kesimpulan : MEMENUHI

4. Kesimpulan

1. RAM Analysis

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *RAM Analysis* dengan menggunakan pemodelan *reliability block diagram*, sistem memiliki nilai *reliability* sebesar 13.22% pada waktu 72 jam berdasarkan pada *analytical approach*, dan 13.10% pada 72 jam berdasarkan pada hasil simulasi. Perhitungan *maintainability* menggunakan metode *RAM Analysis* dengan menggunakan pemodelan *reliability block diagram*, didapatkan bahwa seluruh unit dalam sistem memiliki peluang untuk diperbaiki minimal 1-12 jam untuk dapat berfungsi kembali. Selama tahun 2011, *Inherent Availability* dari sistem adalah 98.32% berdasarkan pada *analytical approach*, dan 97.67% berdasarkan pada *simulation approach*.

Untuk meningkatkan *reliability*, *availability*, dan *maintainability* dapat dilakukan dengan cara berikut :

- menentukan kegiatan *preventive maintenance* yang optimal untuk masing- masing unit, untuk mencegah terjadinya *corrective maintenance* yang tinggi akibat dari *downtime* mesin, bisa dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*,
- untuk mengurangi *downtime* yang terjadi, diperlukan perencanaan *sparepart* yang baik sehingga *delay* yang diakibatkan oleh permintaan *sparepart* tidak terlalu lama dan *time & money waste* dapat ditekan.

2. Cost of Unreliability (COUR)

Berdasarkan pada perhitungan biaya dengan *Cost of Unreliability*, biaya yang disebabkan oleh ketidakhandalan sistem adalah \$2,340,421.98 berdasarkan *active repair time*, dan \$2,380,687.64 berdasarkan pada *downtime*. Sehingga terdapat \$40,265.66 biaya yang ditanggung oleh perusahaan dikarenakan oleh *waste*.

3. Key Performance Indicator (KPI)

Berdasarkan hasil analisis nilai *inherent availability* didapatkan bahwa faktor *inherent availability lagging* (98.32%) sudah memenuhi faktor *inherent availability leading* (97.67%) pada sistem. Berdasarkan pada evaluasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *world class maintenance key performance indicator*, indikator dari *leading availability* sudah mencapai target indikator yang diberikan.

Daftar Pustaka :

- [1] Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J.. 2006 . *System Engineering and Analysis*. Prentice Hall International Series in Industrial & Systems Engineering.
- [2] Defense, D. o.. 1997 . *DOD Guide For Reliability and Maintainability Engineering*. Scholarly Articles.
- [3] Ebeling, C. E.. 1997 . *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. The McGraw-Hill Companies.
- [4] Martinez L, B.. 2008 . *RAM Analysis of Mining Process: A Case Study of a Copper Smelting Process in the Field of Mining, Chile*. IFAC Conference.
- [5] Moubay, J.. 1997 . *Reliability Centered Maintenance Second Edition*. Industrial Press Inc.
- [6] Vicente, F.. 2012 . *Assesing the Cost of Unreliability in Gas Plant to Have a Sustainable Operation*. Scholarly Articles.