

PERFORMANCE ASSESSMENT BERBASIS RELIABILITY MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY (RAM) DAN COST OF UNRELIABILITY (COUR) PADA MESIN CINCINNATI MILACRON DI DIREKTORAT AEROSTRUCTURE PT DIRGANTARA INDONESIA

Evan Suryatyasto Sujatman¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Nurdinintya Athari Supratman³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University

¹suryatyasto93@gmail.com ²franstatas@telkomuniversity.ac.id ³nurdinintya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pemerintah Indonesia mendirikan PT Dirgantara Indonesia untuk memenuhi kebutuhan pesawat dalam negeri. Perkembangan pengguna jasa transportasi udara menuntut PT Dirgantara Indonesia untuk memenuhi pesanan proyek dengan tepat waktu. Salah satu cara untuk memperkecil kerugian yang kemungkinan harus ditanggung oleh perusahaan adalah dengan meningkatkan *Reliability, Availability & Maintainability* dari sistem produksi itu sendiri dan *Cost of Unreliability* untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dihasilkan oleh masalah *Reliability, Availability & Maintainability*. Data-data berupa *Mean Time To Failure, Mean Time To Repair* dan *Mean Downtime* berguna untuk menilai kinerja sistem yang bekerja.

Dari hasil pengolahan data *Reliability, Availability & Maintainability Analysis* menggunakan pemodelan *Reliability Block Diagram* berdasarkan pada *analytical approach*, pada waktu 336 jam, sistem memiliki nilai *Reliability* (31%). Rata-rata nilai *Maintainability* sistem pada $t = 12$ jam adalah 99.60%. Nilai *Inherent Availability* sebesar 99.998% dan nilai *Operational Availability* sebesar 99.997%. Berdasarkan pada evaluasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *world class maintenance Key Performance Indicator*, indikator dari *leading* dan *lagging availability* sudah mencapai target indikator yang diberikan. Hasil perhitungan *Cost of Unreliability* didapatkan biaya yang disebabkan oleh ketidakhandalan sistem adalah \$11.526.92 berdasarkan *active repair time* dan \$19.301,95 berdasarkan pada *downtime*.

Kata Kunci : *Availability, Cost of Unreliability, Key Performance Indicator, Maintainability, Reliability, Reliability Block Diagram*

Abstract

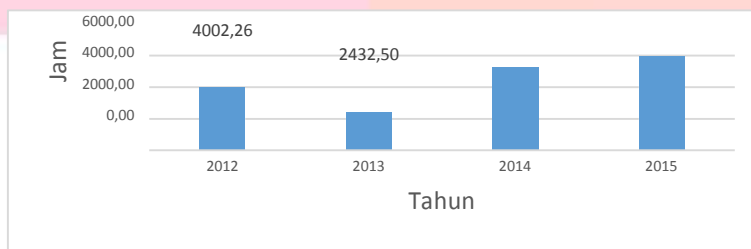
In Indonesia, the government established PT Dirgantara Indonesia to meet the needs of the best in the country. The development of air transport services requires PT Dirgantara Indonesia to fulfill orders in a timely project. One way to minimize the losses that are likely to be responsibly by the company is to improve the Reliability, Availability and Maintainability from the production system itself and Cost of Unreliability to know how big the charge generated by the Reliability, Availability and Maintainability problem. By using the data such as Mean Time To Failure, Mean Time To Repair and Mean Downtime useful to assess the performance of a system that works.

From the results of data processing using the Reliability, Availability and Maintainability Analysis using Reliability Block Diagram based on analytical approach, at the time of 336 hours, the system has a value of Reliability (31%). Average value of Maintainability system at $t = 12$ hours was 99.60%. Values of Inherent Availability is 99,998% and the value of Operational Availability is 99,997%. Based on the evaluations that have been done using the world class maintenance Key Performance Indicator, the leading and lagging indicators of availability has reached the target of a given indicator. As well as by using calculations Cost of Unreliability obtained the expenses caused by the unreliability of the system is \$ 11.526.92 by active repair time and \$ 19,301.95 based on downtime.

Keywords : *Availability, Cost of Unreliability, Key Performance Indicator, Maintainability, Reliability, Reliability Block Diagram*

1. Pendahuluan

PT DI merupakan satu-satunya industri manufaktur yang bergerak di bidang kedirgantaraan di Indonesia dan di Asia Tenggara. PT DI menghasilkan berbagai produk kedirgantaraan yang mengikuti aturan keselamatan yang ketat. Dalam menjalankan produksinya, PT DI selalu bekerjasama dengan perusahaan internasional seperti Airbus dan Bell sebagai konsumen komponen/*equipment* pesawat. Hal ini menuntut PT DI untuk memenuhi pesanan proyek dengan tepat waktu. Oleh karena itu, perlu bagi PT DI untuk memberikan perhatian yang lebih terhadap kualitas produknya dan ketepatan waktu produksi dengan mengoptimalkan sumber daya yang ada, terutama fasilitas mesin. Masalah utama yang dihadapi oleh PT DI adalah sering terhentinya proses di rantai produksi. Masalah ini dialami oleh direktorat *Aerostructure* yang memiliki tanggung jawab dalam memproduksi *part* dan komponen/*equipment* pesawat. Mesin-mesin yang ada di direktorat *Aerostructure* ini sering mengalami kegagalan produksi atau kerusakan mesin karena mesin yang digunakan rata-rata sudah berumur sangat tua dan terus menerus digunakan. Dikarenakan salah satu kompetensi utama dari PT DI adalah memproduksi *part* dan komponen pesawat, maka perhatian khusus diberikan kepada Direktorat *Aerostructure* yang memiliki unit bisnis tersebut. Gambar 1 merupakan *downtime* yang terjadi pada empat tahun terakhir pada usaha *Aerostructure*.



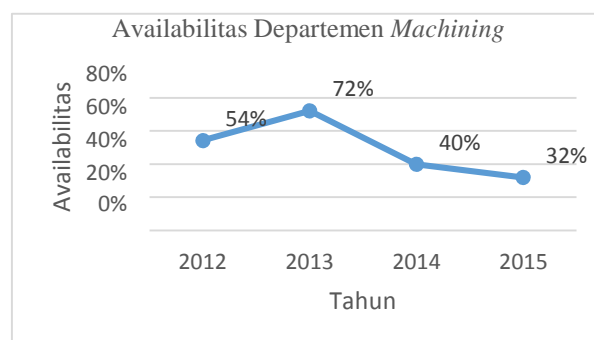
Gambar 1 Total *Downtime* Departemen *Machining* 4 Tahun Terakhir

Gambar 1 menunjukkan jumlah *downtime* yang terjadi pada departemen *machining* mencapai tingkat tertinggi pada tahun 2015 yaitu hampir mencapai angka 6000 jam. Rincian frekuensi kerusakan tiga kategori mesin pada departemen *machining* selama satu tahun dari tanggal 1 Januari 2015 – 31 Desember 2015 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Jenis Mesin dan Frekuensi Kerusakan

| No | Mesin | Frekuensi Kerusakan |
|----|---------------------|---------------------|
| 1 | Cincinnati Milacron | 142 |
| 2 | ABB Metalurgy AB | 47 |
| 3 | Huffman | 20 |

Jika dilihat pada Tabel 1 bahwa mesin Cincinnati Milacron mempunyai frekuensi kerusakan tertinggi pada tahun 2015. *Downtime* tinggi yang disebabkan oleh frekuensi kerusakan mesin Cincinnati Milacron yang tinggi akan mengakibatkan availabilitas dari departemen *machining* cenderung tidak stabil. Rincian tingkat availabilitas pada departemen *machining* yang terjadi selama empat tahun terakhir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 *Availability* Departemen *Machining*

Pada Gambar 2 terlihat bahwa tingkat availabilitas dari departemen *machining* masih cenderung tidak stabil dari tahun ke tahun dan mencapai titik terendah pada tahun 2015 atau sekitar 32% karena frekuensi kerusakan mesin Cincinnati Milacron. Oleh sebab itu perlu adanya perhatian khusus terhadap mesin Cincinnati Milacron untuk mengetahui performansi kerja dilihat dari *reliability*, *availability*, *maintainability* dengan menggunakan metode *Reliability, Availability, Maintainability* (RAM) dan metode *Cost Of Unreliability* (COUR) untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dihasilkan oleh masalah RAM.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Reliability, Availability, Maintainability (RAM) Analysis

Reliability, Availability, & Maintainability (RAM) Analysis merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi kinerja keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*), kemampuan perawatan (*maintainability*) dari suatu komponen atau sistem. *RAM Analysis* juga merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk memberikan pedoman dalam optimasi dari suatu komponen atau sistem. RAM memiliki indikator kinerja utama, yaitu *availability* yang merupakan bagian dari waktu saat sistem tersebut berfungsi secara penuh. *RAM Analysis* juga dapat digunakan untuk membantu pemilihan konsep, serta mampu untuk memberikan keputusan secara mendetail terkait pada sistem pada *front end engineering*. Untuk mengidentifikasi subsistem yang kritis dan sensitif dalam sistem produksi yang dapat memberikan efek pada kinerja sistem juga dapat digunakan *RAM Analysis* (Ebrahimi, 2010).

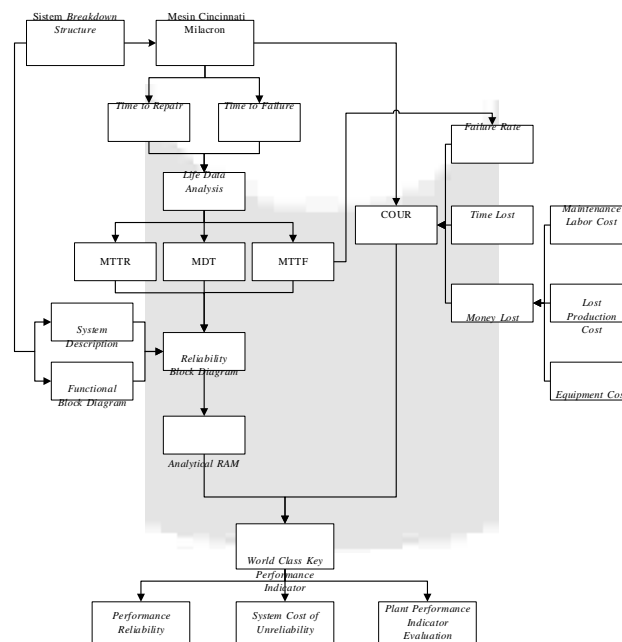
2.1.2 Cost of Unreliability (COUR)

Menurut Vicente (2012), *cost of unreliability* berarti seluruh biaya yang merupakan hasil dari seluruh situasi yang berhubungan dengan masalah kegagalan realibilitas, termasuk juga semua biaya yang berhubungan dengan program keandalan yang buruk dan pekerjaan perawatan yang buruk. Untuk menemukan *cost of unreliability*, maka sebaiknya memulai dengan gambaran besar dan membantu program peningkatan biaya langsung, yaitu dengan mengidentifikasi sumber masalah biaya, level masalah, dan masalah apa saja yang muncul. *COUR* mempelajari fasilitas produksi sebagai suatu jaringan untuk sistem keandalan, dan biaya yang terjadi saat sistem gagal untuk melakukan pekerjaannya. Sebagai usaha bagi *top management*, *COUR* menghasilkan penerimaan, dan partisipasi dari karyawan dalam semua level organisasi.

2.1.3 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. Menurut Kumar (2011), indikator kinerja digunakan untuk menghitung kinerja dari sistem atau proses. Sebagai hasil dari beberapa perhitungan, *performance indicator* dapat digunakan dalam kegiatan perawatan yang dinamakan *Maintenance Performance Indicator*. Indikator kinerja ini biasanya digunakan untuk mengurangi *downtime*, biaya, dan *waste*, beroperasi lebih efisien, serta meningkatkan kapasitas operasi. Daftar indikator kinerja akan merefleksikan kebutuhan dan tujuan perusahaan. Indikator kerja dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu *Leading Indicator* atau *Lagging Indicator*. *Leading Indicator* mengingatkan pengguna akan kegagalan tujuan sebelum masalah terjadi. *Lagging Indicator* menghitung hasil dari kerja yang dihasilkan oleh sistem sehingga dapat menjadi dasar untuk prediksi masa depan. Contoh dari *lagging indicator* adalah biaya perawatan per unit. Dalam perawatan, *leading indicator* terletak pada indikator proses perawatan, sedangkan indikator hasil perawatan termasuk dalam *lagging indicator*.

2.2 Model Konseptual



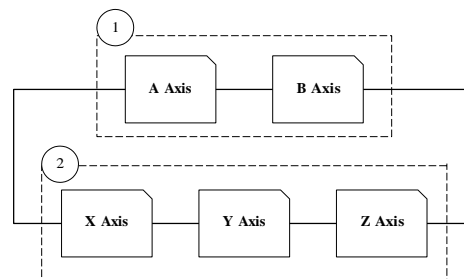
Gambar 3 Model Konseptual

Konsep dalam penelitian ini diawali dengan melakukan *life data analysis* menggunakan *Anderson-Darling Test* pada data *Maintenance Time Existing* yang di dalamnya terdapat *time to repair*, *time to failure*, dan *downtime*. Setelah didapatkan distribusi yang paling baik untuk mewakili *failure*, *repair*, dan *down* dari setiap unit, dapat dilakukan *plotting* data untuk menentukan parameter distribusi terpilih yang dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 17. Hasil yang didapatkan adalah nilai MTTF, MTTR, dan MDT yang akan digunakan dalam *RAM Analysis* dan *COUR*. Perhitungan nilai dari *RAM Analysis* secara *analytical* dapat dilakukan dengan menggunakan nilai parameter distribusi dari setiap unit dan pemodelan RBD untuk mempermudah perhitungan dari *RAM* sistem. Hasil dari perhitungan *RAM Analysis* adalah *analytical* *RAM*, yaitu *Analytical Inherent Availability* dan *Operational Availability*. MTTF dari unit digunakan untuk menentukan *reliability* mesin, dan MTTR digunakan untuk menentukan *maintainability* mesin. MTTF dan MTTR dibutuhkan untuk melakukan perhitungan *inherent availability*. *RAM Analysis* membutuhkan pemodelan dari sistem untuk mempermudah penilaian sehingga model *Reliability Block Diagram* (RBD) digunakan untuk memodelkan sistem dari *plant* produksi PT DI.

3. Pembahasan

3.1 Pemodelan *Reliability Block Diagram* (RBD)

Pemodelan RBD (*Reliability Block Diagram*) bertujuan untuk memperlihatkan keterkaitan fungsi dari segi *reliability* dan *availability* sistem mesin Cincinnati Milacron di PT Dirgantara Indonesia. Pembuatan RBD ini berdasarkan pada keadaan di *plant* agar dapat diketahui hubungan antara subsistem satu dengan subsistem lainnya. Berikut merupakan sistem *Axis* yang digambarkan pada RBD.



Gambar 4 *Reliability Block Diagram* Sistem *Axis*

Untuk pemodelan yang lebih teliti dan detail, maka dilakukan dua bagian pemodelan, yaitu bagian atas dan bagian bawah.

1. Bagian Atas

Pada bagian atas, terdapat dua subsistem *Axis* yaitu *A Axis* dan *B Axis* yang membentuk *Reliability Block Diagram*. Pada kedua *Axis* terdapat *hub* dimana *hub* tersebut terhubung dengan alarm yang menyala apabila terjadi kegagalan fungsi.

2. Bagian Bawah

Pada bagian bawah, terdapat tiga subsistem *Axis* yaitu *X Axis*, *Y Axis* dan *Z Axis* yang membentuk *Reliability Block Diagram*. Pada ketiga *Axis* terdapat *hub* dimana *hub* tersebut terhubung dengan alarm yang menyala apabila terjadi kegagalan fungsi.

3.2 Perhitungan *Reliability* dengan *Analytical Approach*

Perhitungan *reliability* dengan *analytical approach* adalah perhitungan kehandalan 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 subsistem) saja, dengan waktu yang diberikan berdasarkan dengan waktu yang konstan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan ini adalah perumusan model sistem serta perhitungan *reliability* berdasarkan pada perumusan yang telah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian ini, waktu yang ditentukan adalah antara 24 jam sampai dengan 336 jam atau lima belas hari, dengan interval 24 jam atau satu hari. Tabel 2 adalah hasil perhitungan *analytical approach reliability* dari setiap subsistem *Axis*.

Tabel 2 Perhitungan *Analytical Approach Reliability*

| t (hours) | A Axis | B Axis | X Axis | Y Axis | Z Axis | Reliability SmtOT |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|
| 24 | 93% | 96% | 96% | 94% | 97% | 99% |
| 48 | 80% | 92% | 93% | 85% | 95% | 95% |
| 72 | 80% | 88% | 89% | 82% | 92% | 90% |
| 96 | 74% | 84% | 86% | 77% | 89% | 84% |
| 120 | 68% | 80% | 82% | 72% | 87% | 78% |
| 144 | 63% | 77% | 79% | 67% | 84% | 73% |
| 168 | 59% | 74% | 76% | 63% | 81% | 66% |
| 192 | 55% | 70% | 73% | 59% | 80% | 60% |
| 216 | 51% | 67% | 71% | 55% | 78% | 54% |
| 240 | 47% | 64% | 68% | 51% | 75% | 49% |
| 264 | 43% | 62% | 65% | 48% | 73% | 44% |
| 288 | 40% | 59% | 63% | 45% | 71% | 40% |
| 312 | 37% | 57% | 60% | 42% | 69% | 35% |
| 336 | 35% | 54% | 58% | 39% | 67% | 31% |

3.3 Perhitungan Maintainability

Perhitungan *maintainability* dari setiap *equipment* pada subsistem kritis dilakukan dengan menggunakan data *Time to Repair* yang dapat merepresentasikan secara jelas seberapa besar peluang untuk memperbaiki setiap *equipment* subsistem kritis. Pada penelitian ini, jangka waktu yang akan dijadikan sebagai waktu perhitungan adalah dalam jangka waktu satu jam sampai dengan dua belas jam, dengan menggunakan interval waktu sebesar satu jam. Tabel 3 adalah hasil dari perhitungan *maintainability* dari *equipment* A Axis, B Axis, X Axis, Y Axis dan Z Axis.

Tabel 3 Perhitungan *Maintainability*

| t(hours) | A Axis | B Axis | X Axis | Y Axis | Z Axis |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 40% | 32% | 20% | 19% | 11% |
| 2 | 64% | 54% | 36% | 34% | 21% |
| 3 | 79% | 69% | 49% | 47% | 30% |
| 4 | 87% | 79% | 59% | 57% | 38% |
| 5 | 92% | 86% | 68% | 65% | 45% |
| 6 | 95% | 90% | 74% | 72% | 51% |
| 7 | 97% | 93% | 79% | 77% | 56% |
| 8 | 98% | 96% | 83% | 81% | 61% |
| 9 | 99% | 97% | 87% | 85% | 66% |
| 10 | 99% | 98% | 89% | 88% | 69% |
| 11 | 100% | 99% | 92% | 90% | 73% |
| 12 | 100% | 99% | 93% | 92% | 76% |

3.4 Perhitungan Availability dengan Analytical Approach

3.4.1 Perhitungan Inherent Availability

Berdasarkan pada hasil perumusan *analytical availability* pada RBD yang telah dilakukan, perhitungan *inherent availability* dapat dilakukan. *Inherent availability* hanya menilai tentang hal-hal yang diturunkan ke dalam sistem adalah *active repair time* (MTTR) dan waktu antar kegagalan rata-rata mesin (MTTF). Tabel 4 adalah hasil perhitungan *inherent availability* dari masing masing subsistem pada sistem kritis selama waktu observasi Januari 2012 sampai dengan Desember 2015.

Tabel 4 Perhitungan *Analytical Inherent Availability*

| Subsistem | MTTF | MTTR | Inherent Availability |
|-----------|---------|------|-----------------------|
| A Axis | 1162,97 | 1,94 | 99,833% |
| B Axis | 1409,73 | 2,56 | 99,818% |
| X Axis | 1792,22 | 4,44 | 99,753% |
| Y Axis | 5148,07 | 4,78 | 99,907% |
| Z Axis | 9781,66 | 8,45 | 99,914% |

3.4.1 Perhitungan Operational Availability

Data yang digunakan dalam perhitungan *operational availability* adalah data *operational time* yang didapat dari waktu mesin melakukan fungsinya dan *downtime* dari setiap mesin yang terjadi selama waktu observasi. Berikut adalah hasil perhitungan *operational availability* dari masing masing subsistem pada sistem kritis selama waktu observasi Januari 2012 sampai dengan Desember 2015.

Tabel 5 Perhitungan *Operational Availability*

| Subsistem | Operational Time | DT | Operational Availability |
|-----------|------------------|----------|--------------------------|
| A Axis | 34896 | 54,5000 | 99,84% |
| B Axis | 34896 | 104,6700 | 99,70% |
| X Axis | 34896 | 199,2500 | 99,43% |
| Y Axis | 34896 | 81,2500 | 99,77% |
| Z Axis | 34896 | 128,2500 | 99,63% |

3.5 Perhitungan *Cost of Unreliability* (COUR)

3.5.1 Perhitungan *Failure Rate*

Dalam melakukan perhitungan *Cost of Unreliability* dibutuhkan data setiap mesin. Data yang digunakan untuk perhitungan *Cost of Unreliability* (COUR) adalah data unit mesin Cincinnati Milacron dari bulan Januari 2015 sampai dengan Desember 2015. Biaya-biaya yang ada pada COUR telah dikonversikan ke dalam satuan US Dollar (\$), dengan *exchange rate* dengan rupiah adalah Rp 13.000 / 1 \$.

Tahap pertama dari perhitungan COUR adalah dengan menghitung tingkat kegagalan unit (*failure rate*). Untuk memperoleh nilai *failure rate* dibutuhkan *study interval*, *number of failures*, dan *mean time between failures*. Pada penelitian ini, *study interval* ditetapkan selama waktu observasi yang dilakukan yaitu selama 8760 jam. *Number of failure* (s) adalah jumlah terjadinya kejadian kerusakan operasional atau biasa disebut dengan *Corrective / Unscheduled Failure* selama waktu observasi (8760 jam). MTTF masing-masing mesin didapatkan dari perhitungan *plotting* distribusi *time to failure* yang telah didapatkan sebelumnya. Nilai *failure rate* diperoleh dengan melakukan pembagian antara nilai *number of failures* dengan nilai *study interval*. Tabel 6 menunjukkan rincian hasil perhitungan *Failure Rate* dari subsistem *Axis type* yaitu A Axis, B Axis, X Axis, Y Axis dan Z Axis.

Tabel 6 Hasil Perhitungan *Failure Rate*

| | A Axis | B Axis | X Axis | Y Axis | Z Axis |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <i>Study Interval (hrs)</i> | 8760 | 8760 | 8760 | 8760 | 8760 |
| <i>Number of Failures</i> | 20 | 26 | 22 | 9 | 7 |
| MTTF | 1162,97 | 1409,73 | 1792,22 | 5148,07 | 9781,66 |
| <i>Failure Rate</i> | 0,00228 | 0,00297 | 0,00251 | 0,00103 | 0,00080 |

3.5.2 Perhitungan *Time Lost*

Tahap kedua dari perhitungan *Cost of Unreliability* (COUR) adalah menghitung nilai *Lost Time* selama waktu observasi. Dengan waktu observasi yang ditentukan selama 8760 jam atau satu tahun, maka dibutuhkan data *failure rate* dan *number of failure(s)* yang telah dihitung sebelumnya, serta *Corrective Time/ Failure*. Pada perhitungan *time lost*, akan dilakukan perhitungan terhadap *downtime* dan *corrective time*. Nilai *corrective time/ failure* didapatkan dari nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) yang merupakan perhitungan distribusi *active repair* yang dilakukan pada unit pada *Corrective Failures*. *Downtime / failure* didapatkan dari nilai *Mean Downtime* (MDT). Nilai *corrective lost time* didapatkan dengan mengalikan nilai *corrective time* per *failure* dengan *number of failure(s)*. Nilai *downtime lost time* didapatkan dengan mengalikan nilai *downtime / failure* dengan *number of failure(s)*. Tabel 7 menunjukkan hasil perhitungan *Corrective Lost Time* dan Tabel 8 menunjukkan hasil perhitungan *Downtime Lost Time* dari A Axis, B Axis, X Axis, Y Axis dan Z Axis.

Tabel 7 Hasil Perhitungan *Corrective Lost Time*

| | A Axis | B Axis | X Axis | Y Axis | Z Axis |
|---------------------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Failure Rate</i> | 0,0022831 | 0,00296804 | 0,0025114 | 0,0010274 | 0,0007991 |
| <i>Number of Failure(s)</i> | 20 | 26 | 22 | 9 | 7 |
| <i>Corrective Time/Failure</i> | 1,99 | 2,99 | 4,52 | 4,78 | 8,60 |
| <i>Corrective Lost Time Hrs/Years</i> | 39,81 | 77,67 | 99,46 | 43,00 | 60,20 |

Tabel 8 Hasil Perhitungan *Downtime Lost Time*

| | A Axis | B Axis | X Axis | Y Axis | Z Axis |
|-------------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Failure Rate</i> | 0,0022831 | 0,00296804 | 0,0025114 | 0,0010274 | 0,0007991 |
| <i>Number of Failure(s)</i> | 20 | 26 | 22 | 9 | 7 |
| <i>Downtime/Failure</i> | 2,67 | 4,03 | 8,28 | 9,03 | 18,32 |
| <i>DT Lost time Hrs/Years</i> | 53,43 | 104,67 | 182,26 | 81,25 | 128,25 |

3.5.3 Perhitungan *Money Lost*

Tahap ketiga dari perhitungan *Cost of Unreliability* adalah menghitung nilai *money lost*. Untuk memperoleh perhitungan *money lost* dibutuhkan data *downtime lost time* dan *corrective lost time* yang telah dilakukan sebelumnya, *lost production cost*, *equipment/spare part cost*, dan *labor maintenance cost*. Nilai dari *lost production* didapatkan dari perkalian antara masing-masing *lost time* dengan *loss profit per hour*. *Equipment / spare part cost* didapatkan dengan mengalikan *lost time* dengan biaya *maintenance* per jam sebesar \$24.23. *Labor Maintenance Cost* didapatkan dengan mengalikan *lost time* dengan biaya *labor maintenance* per jam sebesar \$9.26, yang dapat dihitung berdasarkan dari data upah *engineering*. Nilai dari masing-masing *Cost of Unreliability* dari *corrective time* dan *downtime* didapatkan dengan menjumlahkan nilai *lost production cost*, *equipment / spare part cost*, dan *labor maintenance cost*. Tabel 9 menunjukkan hasil perhitungan *Corrective COUR* dari A Axis, B

Axis, X Axis, Y Axis, Z Axis dan Tabel 10 menunjukkan hasil perhitungan *Downtime* COUR dari A Axis, B Axis, X Axis, Y Axis dan Z Axis.

Tabel 9 Hasil Perhitungan *Corrective* COUR

| | A Axis | B Axis | X Axis | Y Axis | Z Axis |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Corrective Lost Time Hrs/Years</i> | 39,81 | 77,67 | 99,46 | 43,00 | 60,20 |
| <i>Loss Profit</i> | \$ 138,28 | \$ 138,28 | \$ 138,28 | \$ 138,28 | \$ 138,28 |
| <i>Equipment/Spare Part Cost</i> | \$ 964,74 | \$ 1.881,92 | \$ 2.409,95 | \$ 1.041,92 | \$ 1.458,69 |
| <i>Labor Maintenance Cost</i> | \$ 382,83 | \$ 746,79 | \$ 956,33 | \$ 413,46 | \$ 578,85 |
| <i>Corrective COUR</i> | \$ 1.485,86 | \$ 2.767,00 | \$ 3.504,57 | \$ 1.593,67 | \$ 2.175,82 |

Tabel 10 Hasil Perhitungan *Downtime* COUR

| | A Axis | B Axis | X Axis | Y Axis | Z Axis |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>DT Lost time Hrs/Years</i> | 53,43 | 104,67 | 182,26 | 81,25 | 128,25 |
| <i>Loss Profit</i> | \$ 138,28 | \$ 138,28 | \$ 138,28 | \$ 138,28 | \$ 138,28 |
| <i>Equipment/Spare Part Cost</i> | \$ 1.294,55 | \$ 2.536,15 | \$ 4.416,39 | \$ 1.968,75 | \$ 3.107,60 |
| <i>Labor Maintenance Cost</i> | \$ 513,71 | \$ 1.006,41 | \$ 1.752,54 | \$ 781,25 | \$ 1.233,17 |
| <i>DT COUR</i> | \$ 1.946,55 | \$ 3.680,85 | \$ 6.307,22 | \$ 2.888,28 | \$ 4.479,05 |

4. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data menggunakan RAM Analysis dengan menggunakan pemodelan *reliability block diagram* (RBD) berdasarkan pada *analytical approach*, pada waktu 336 jam, sistem memiliki nilai *reliability* (31%). Rata – rata nilai *maintainability* sistem pada t = 12 jam adalah 99.60%. Nilai *Inherent Availability* sebesar 99.998% dan nilai *Operational Availability* sebesar 99.997%. Berdasarkan pada evaluasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *world class maintenance Key Performance Indicator* (KPI), indikator dari *leading* dan *lagging availability* sudah mencapai target indikator yang diberikan. Serta dengan menggunakan perhitungan *Cost of Unreliability*, didapatkan biaya yang disebabkan oleh ketidakhandalan sistem adalah \$11.526.92 berdasarkan *active repair time*, dan \$19.301,95 berdasarkan pada *downtime*.

Daftar Pustaka

- American Bureau of Shipping. 2004. *Guidance Notes On Reliability Centered Maintenance*. Houston: American Bureau of Shipping.
- Ebeling, Charles E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Ebrahimi, A., 2010. *Effect Analysis of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Parameters in Design and Operation of Dynamic Positioning (DP) Sistem in Floating Offshore Structures*. Stockholm: KTH Royal Institute of Technology: s.n.
- Moubray, John. 1991. *Reliability Centered Maintenance II*. Oxford: Butterworth-Heinemann, Ltd.
- Vicente, F. (2012). Assessing the Cost of Unreliability in Gas Plant to Have a Sustainable Operation. *Scholarly Articles*.