

PENJADWALAN AKTIFITAS PERAWATAN MESIN BOR DENGAN PENENTUAN INTERVAL PENGGANTIAN KOMPONEN

Insannul Kamil¹, Alizar Hasan², Astrid Feri Sani³

¹⁾ Research Centre for Computer Aided Engineering (ReCCAe) Fakultas Teknik Universitas Andalas

²⁾ Laboratorium Sistem Produksi Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas

³⁾ Alumni Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas

Abstract

Damages of heavy equipment can degrade reliability value. Reliability system has to be supported with reliability each component which forming the system. Reliability value machine represents measure of performance from a system. If machine often experience of damage hence needed an action preventive maintenance periodically.

In this research determined reliability of drilling machine which consist of DM 1, DM 2, DM 3, TR 1 and TR 2 and also determination of preventive critical component replacement interval by using maintenance cost minimation model. Mathematical model which used in this research is Age Replacement model that is preventive replacement which relied on component age changed.

From result of research got reliability value of drilling machine DM 3 is the lowest compared to DM 1, DM 2, TR 1 and TR 2 at the time t is equal to 360 hours machine. Reliability value of drilling machine DM 1 is 0.002, 6.98805E-08 for DM 2, 2.93973E-67 for DM 3, 9.21823E-17 for TR 1 and 5.4027E-08 for the TR 2. Component with maximum replacement interval is o ring DM 1 that is equal to 272 week and component with minimum replacement interval is hose hydraulic pump that is 30 hours machine.

Keywords : reliability, critical component, replacement interval

1. Pendahuluan

Salah satu kendala bagi sebuah industri saat ini adalah biaya pemeliharaan alat berat/mesin yang selalu meningkat setiap tahunnya. Departemen Tambang PTSP adalah salah satu unit kerja yang menghadapi permasalahan ini. Penyebab utama peningkatan biaya pemeliharaan yang dihadapi oleh Departemen Tambang PTSP adalah tingginya angka kerusakan alat berat.

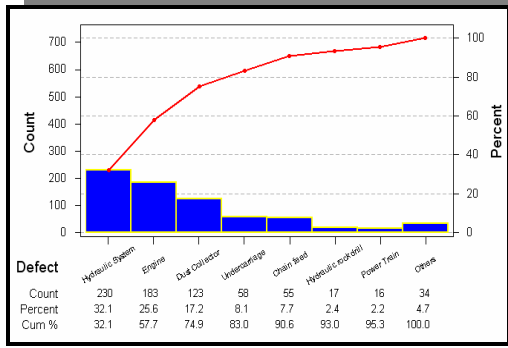
Kerusakan yang dialami oleh alat berat dapat menurunkan nilai keandalan (*reliability*) yang merupakan ukuran performansi dari suatu sistem. Jika mesin sering mengalami kerusakan maka diperlukan suatu tindakan perawatan pemeliharaan secara periodik. Salah satu strategi yang tepat adalah penggantian komponen dengan penentuan interval penggantian komponen sehingga akan mampu meningkatkan keandalan sistem dan menjaga mesin senantiasa beroperasi.

Nilai keandalan (*reliability*) dari suatu mesin merupakan ukuran performansi dari suatu sistem. Jika suatu mesin memiliki keandalan yang tinggi (mendekati nilai 1) maka probabilitas mesin atau peralatan tersebut mengalami gangguan/ kerusakan adalah jarang. Keandalan sistem harus

didukung dengan keandalan setiap komponen yang membentuk sistem tersebut.

Aktivitas pengeboran (*drilling*) adalah salah satu kegiatan utama dalam pemenuhan bahan baku yang dilakukan oleh Departemen Tambang PTSP. Saat ini Departemen Tambang memiliki lima unit mesin bor (*drilling machine*) yaitu DM 1, DM 2, DM 3, TR1 dan TR2. Mesin-mesin ini memerlukan suku cadang dan komponen serta perawatan yang teratur agar dapat beroperasi dengan baik. Kegiatan perawatan yang biasa dilakukan terhadap mesin bor, antara lain: kegiatan pemeriksaan (*inspection*), perbaikan (*repair*) terhadap kondisi suatu komponen yang tidak normal, penggantian (*replacement*) komponen dan penyetelan suatu komponen yang tidak sesuai dengan standar operasi.

Survei awal yang telah dilakukan menunjukkan bahwa biaya perawatan dan operasional yang dikeluarkan untuk suku cadang dan komponen mesin bor sangat tinggi. Tingginya biaya perawatan ini disebabkan oleh seringnya mesin bor mengalami kerusakan sehingga diperlukan tindakan penghentian operasi (*shutdown*).

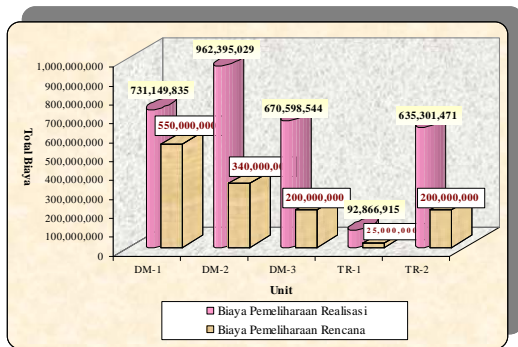


(Sumber : Data Pemeliharaan Alat Berat Tambang)

Gambar 1. Diagram Pareto Penyebab Shutdown Mesin Bor

Dari diagram di atas dapat dilihat bahwa tingginya angka kerusakan yang dialami oleh mesin bor disebabkan oleh kerusakan *hydraulic system* sebesar 32.1%, kerusakan *engine* dengan sebesar 25.6% dan kerusakan *dust collector* sebesar 17.2%. Hal ini dapat mengakibatkan mesin bor sering mengalami *breakdown*. Oleh sebab itu diperlukannya perhatian khusus dalam aktivitas pemeliharaan dan penjadwalan penggantian komponen yang baik.

Saat ini Departemen Tambang telah memiliki jadwal pemeliharaan alat-alat berat tambang, namun belum memberikan hasil yang optimal sehingga biaya pemeliharaan alat berat yang dikeluarkan setiap tahun masih sangat besar.



(Sumber: Data Biaya Pemeliharaan Tahun 2004 Departemen Tambang PTSP)

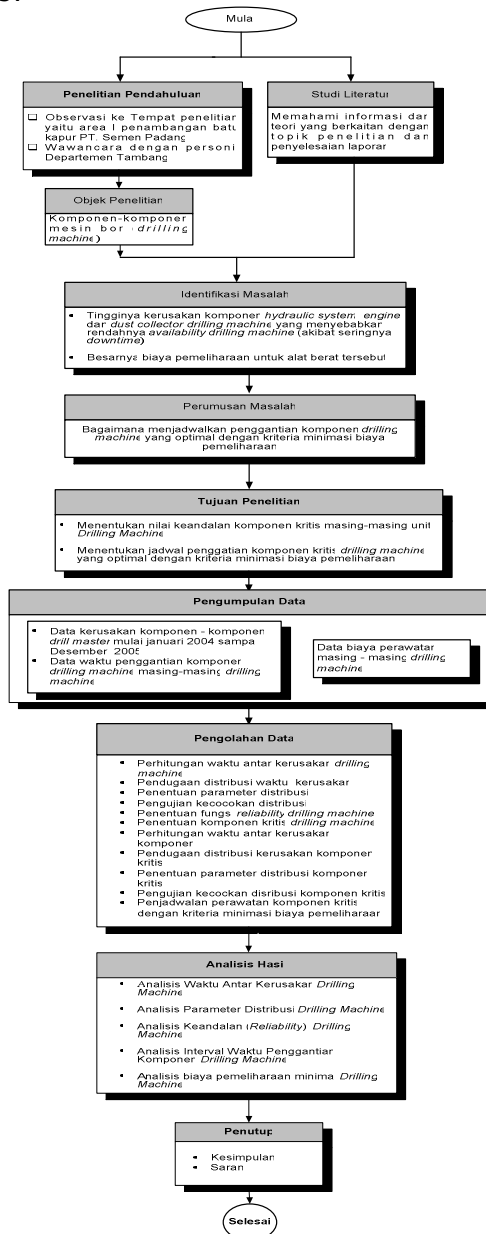
Gambar 2. Biaya Pemeliharaan Unit Mesin Bor Tahun 2004

Besarnya perbedaan realisasi biaya yang dikeluarkan setiap tahun dengan rencana semula diakibatkan oleh tingginya angka kerusakan mesin bor. Sehingga realisasi biaya yang dikeluarkan untuk biaya pemeliharaan unit mesin bor sangat besar.

Untuk itu perlu dilakukan tindakan penjadwalan ulang penggantian komponen mesin bor yang akan menjamin keandalan mesin bor sekaligus meminimalkan biaya pemeliharaan.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian perlu disusun agar penyelesaian kasus penelitian yang dilakukan lebih terarah. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema metodologi penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan nilai keandalan untuk setiap unit mesin bor serta menentukan interval penggantian komponen kritis masing-masing unit mesin bor.

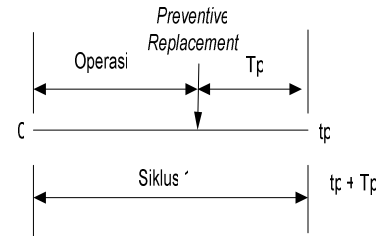
Untuk menentukan keandalan setiap unit mesin bor dilakukan langkah-langkah sebagai berikut;

1. Menentukan waktu antar kerusakan setiap unit mesin bor
2. Menentukan distribusi kerusakan setiap unit mesin bor
3. Menentukan parameter distribusi kerusakan setiap unit mesin bor
4. Menguji kecocokan distribusi kerusakan setiap unit mesin bor
5. Menentukan fungsi keandalan setiap unit mesin bor.

Dengan menggunakan model *Age replacement*, maka waktu penggantian komponen kritis setiap unit mesin bor dilakukan berdasarkan langkah-langkah berikut;

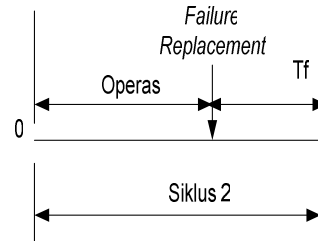
1. Menentukan biaya penggantian pencegahan kerusakan (C_p / biaya *preventive replacement*)
2. Menentukan biaya penggantian kerusakan (C_f / biaya *failure replacement*)
3. Menentukan $f(t)$ atau fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*) dari waktu kerusakan komponen
4. Menentukan T_p atau waktu yang dibutuhkan untuk penggantian *preventive*, nilainya konstan dan diasumsikan selama 1 jam.
5. Menentukan T_f atau waktu yang dibutuhkan untuk penggantian kerusakan (*failure replacement*).
6. Menentukan ekspektasi total biaya penggantian per satuan waktu $C(t_p)$ dengan kriteria biaya penggantian minimum

Kebijakan penggantian adalah melakukan *preventive replacement* saat peralatan telah mencapai umur spesifik t_p , dan tambahan melakukan *failure replacement* pada saat tertentu. Kebijakan tersebut terdapat dua kemungkinan siklus, yang diilustrasikan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Kemungkinan Siklus 1

Atau kemungkinan ke dua;



Gambar 5. Kemungkinan Siklus 2

Pada siklus pertama, umur komponen sesuai dengan waktu perencanaan (t_p), yaitu waktu untuk melakukan *preventive replacement*. Setelah unit beroperasi selang waktu tersebut tidak terdapat adanya kerusakan pada komponen. Sedangkan pada siklus kedua, unit berhenti beroperasi karena terjadinya kerusakan pada komponen, dan dilakukan penggantian kerusakan (*failure replacement*). Hal tersebut dikarenakan kerusakan komponen tidak dapat ditentukan secara tepat dan dapat terjadi kapan saja (*when necessary*).

Ekspektasi total biaya penggantian per unit waktu $C(t_p)$ adalah ekspektasi total biaya penggantian per siklus dibagi dengan ekspektasi panjang siklus, sebagaimana diformulasikan pada persamaan berikut yaitu;

$$C(t_p) = \frac{\text{Ekspektasi biaya total penggantian per siklus}}{\text{Ekspektasi panjang siklus}}$$

Ekspektasi panjang siklus dalam hal ini diasumsikan (biaya yang dikeluarkan selang waktu pengoperasian unit), sehingga ekspektasi panjang siklus adalah, (*biaya pada siklus preventive replacement x probabilitas pada siklus preventive replacement*) + (*biaya pada siklus failure replacement x probabilitas pada siklus failure replacement*).

Karena, $F(t_p) = 1 - R(t_p)$

Maka ekspektasi total biaya penggantian per siklus diformulasikan sebagai berikut;

$$C_p \times R(t_p) + C_f [1 - R(t_p)]$$

$$\text{Nilai } F(t_p) = \int_0^{t_p} f(t_p) dt$$

Maka ekspektasi total biaya penggantian per satuan waktu adalah,

$$C(t_p) = \frac{C_p \cdot R(t_p) + C_f \cdot [1 - R(t_p)]}{(t_p + T_p)R(t_p) + [M(t_p) + T_f [1 - R(t_p)]]}$$

dimana:

1. C_p adalah biaya *preventive replacement*
2. C_f adalah biaya *failure replacement*
3. $f(t)$ adalah fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*) dari waktu kerusakan komponen
4. T_p adalah waktu yang dibutuhkan untuk penggantian pencegahan
5. T_f adalah waktu yang dibutuhkan untuk penggantian kerusakan
6. $R(t_p)$ adalah nilai fungsi *reliability* dari komponen kritis
7. $M(t_p)$ adalah waktu rata-rata kerusakan komponen kritis untuk penggantian pada saat (t_p) , nilai MTBF.

3.1 Analisis Keandalan Mesin bor

Nilai keandalan (*reliability*) dari suatu mesin merupakan ukuran performansi dari suatu sistem. Jika suatu mesin memiliki keandalan yang tinggi (mendekati nilai 1) maka probabilitas kemungkinan mesin atau peralatan tersebut mengalami gangguan/kerusakan adalah jarang.

Nilai keandalan pada mesin bor dapat ditentukan setelah melakukan perhitungan pada waktu antar kerusakan yang terjadi pada unit. Dalam hal ini, ukuran yang digunakan adalah *Mean Time Between Failure* (MTBF), yaitu periode rata-rata antar kegagalan (jam) dari suatu unit. Ukuran ini menyatakan bahwa seberapa sering kegagalan terjadi pada suatu unit/mesin dengan melakukan perhitungan berdasarkan konsep ilmu statistika. Sehingga dapat diketahui dengan pasti bagaimana tindakan pemeliharaan yang

tepat terhadap kegagalan/ kerusakan pada unit tersebut.

Berdasarkan perhitungan nilai keandalan setiap unit mesin bor, mesin bor yang memiliki nilai keandalan terendah adalah DM 3. Sedangkan nilai keandalan tertinggi pada DM 1. Nilai keandalan untuk setiap unit Mesin bor pada $t = 360$ jam adalah sebesar 0.0009 untuk DM 1, 6.98805E-08 untuk DM 2, 2.93973E-67 untuk DM 3, 9.21823E-17 untuk TR 1 dan 5.4027E-08 untuk TR 2. Nilai keandalan 0.0009 untuk DM 1 adalah nilai keandalan terbesar dibandingkan nilai keandalan unit mesin bor lainnya. Artinya pada saat 360 jam operasi mesin probabilitas mesin bor DM 1 tidak mengalami kerusakan adalah sebesar 0.0009.

3.1.1 Analisis Keandalan Mesin bor DM 1

Dari perhitungan didapatkan bahwa rata-rata waktu antar kerusakan pada DM 1 (MTBF) adalah sebesar 111.3 jam. Gangguan/ kerusakan sering terjadi selama tahun 2005, yakni setelah unit telah dioperasikan selama ± 14 tahun (mulai dioperasikan tahun 1991).

Distribusi kerusakan DM 1 mengikuti distribusi Weibull dengan nilai parameter $\alpha = 105.648$ (α menyatakan umur), dan $\beta = 1.199$ (β menyatakan bentuk kurva). Nilai parameter β yang besar dari 1 ini sangat berisiko mengalami kegagalan, artinya kegagalan semakin meningkat sejalan dengan fungsi waktu t . Nilai keandalan selama unit dioperasikan 24 jam pertama adalah sebesar 0.7338.

3.1.2 Analisis Keandalan Mesin bor DM2

Rata-rata waktu antar kerusakan pada DM 2 (MTBF) diperoleh sebesar 93.9 jam. Rata-rata gangguan/kerusakan sering terjadi selama tahun 2004. Artinya unit telah dioperasikan selama ± 6 tahun (mulai dioperasikan tahun 1998). Sedangkan gangguan kerusakan terendah terjadi selama tahun 2005.

Distribusi kerusakan DM 2 mengikuti distribusi Weibull. Nilai parameter $\alpha = 89.202$ (menyatakan umur), dan $\beta = 1.239$ (menyatakan bentuk kurva). Selama 24 jam pertama, nilai keandalan unit adalah 0.5627. Nilai ini dinilai cukup rendah karena melihat bahwa DM 2 tergolong baru dibanding unit mesin bor lainnya.

Hal ini disebabkan oleh beratnya beban kerja dan lokasi kerja mesin bor

tersebut. Selain itu seringnya *overtime* yang dilakukan oleh Departemen Tambang PTSP untuk memenuhi target produksinya menyebabkan kerja DM 2 pun dengan sendirinya melebihi jam kerja yang seharusnya berlaku di Departemen Tambang PTSP yaitu 12 jam operasi mesin per harinya. Sehingga menyebabkan tindakan perawatan dan pemeliharaan DM 2 ini terabaikan.

3.1.3 Analisis Keandalan Mesin bor DM 3

Pada perhitungan didapatkan bahwa rata-rata waktu antar kerusakan pada DM 3 (MTBF) adalah sebesar 119.0259 jam. Rata-rata gangguan/ kerusakan sering terjadi selama tahun 2005. Artinya unit telah dioperasikan selama ± 7 tahun (mulai dioperasikan tahun 1998). Sedangkan gangguan kerusakan terendah terjadi selama tahun 2004.

Distribusi kerusakan DM 3 juga mengikuti distribusi Weibull. Nilai parameter $\alpha = 84.941$ (menyatakan umur), dan $\beta = 1.228$ (menyatakan bentuk kurva). Nilai keandalan selama unit dioperasikan 24 jam pertama adalah sebesar 0.004.

DM 3 memiliki nilai keandalan yang paling rendah dibandingkan *unit* mesin bor lainnya. Hal ini disebabkan oleh beratnya beban kerja dan lokasi kerja DM 3 tersebut. Beratnya beban kerja yang harus dilakukan oleh DM 3 disebabkan seringnya *overtime* yang dilakukan oleh Departemen Tambang PTSP. Untuk memenuhi target produksinya menyebabkan kerja DM 3 pun dengan sendirinya melebihi jam kerja yang seharusnya berlaku di Departemen Tambang PTSP yaitu 12 jam operasi mesin per harinya.

3.1.4 Analisis Keandalan Mesin bor TR 1

Rata-rata waktu antar kerusakan pada TR 1 (MTBF) diperoleh sebesar 64.76 jam. Rata-rata gangguan/kerusakan sering terjadi selama tahun 2004. Artinya unit telah dioperasikan selama ± 11 tahun (mulai dioperasikan tahun 1993). Sedangkan gangguan kerusakan terendah terjadi selama tahun 2005.

Distribusi kerusakan TR 1 mengikuti distribusi Weibull. Nilai parameter $\alpha = 67.596$ (menyatakan umur), dan $\beta = 1.329$ (menyatakan bentuk kurva). Selama 24 jam pertama, nilai keandalan unit adalah 0.3643. Nilai cukup rendah karena melihat bahwa TR 1 tergolong paling tua dibanding unit *drilling machine* lainnya.

Hal ini disebabkan oleh lokasi kerja mesin bor tersebut. Selain itu seringnya *overtime* yang dilakukan oleh Departemen Tambang PTSP untuk memenuhi target produksinya menyebabkan jam operasi TR 1 pun dengan sendirinya melebihi jam operasi yang seharusnya berlaku di Departemen Tambang PTSP yaitu 12 jam operasi mesin per harinya. Selain itu performansi TR 1 yang rendah dikarenakan TR 1 telah melewati dua kali overhaul dan akan memasuki overhaul terakhir yang artinya kinerja TR 1 hanya tinggal 30% dibandingkan ketika unit ini baru dioperasikan.

3.1.5 Analisis Keandalan Mesin bor TR2

Pada perhitungan rata-rata waktu antar kerusakan pada TR 2 (MTBF) diperoleh sebesar 110.6 jam. Rata-rata gangguan/kerusakan sering terjadi selama tahun 2005. Artinya unit telah dioperasikan selama ± 8 tahun (mulai dioperasikan tahun 1996). Sedangkan gangguan kerusakan terendah terjadi selama tahun 2004.

Distribusi kerusakan TR 1 mengikuti distribusi Weibull. Nilai parameter $\alpha = 90.944$ (menyatakan umur), dan $\beta = 1.245$ (menyatakan bentuk kurva). Nilai parameter β yang besar dari 1 ini sangat berisiko mengalami kegagalan, artinya kegagalan semakin meningkat sejalan dengan fungsi waktu t . Selama 24 jam pertama, nilai keandalan unit adalah 0.5629.

3.2 Analisis Keandalan Komponen Kritis Mesin bor

Rata-rata dari kelima unit mesin bor, kerusakan sering dialami oleh komponen *hydraulic system*, *dust collector* dan *engine*. Ketiga sistem ini merupakan bagian sistem utama unit tersebut untuk melaksanakan fungsinya. Jika komponen sistem tersebut mengalami gangguan kerusakan, maka unit tidak dapat difungsikan sebagaimana mestinya. Penghitungan keandalan masing-masing komponen kritis dilakukan berdasarkan prioritas jumlah kerusakan tertinggi. *Tools analysis* yang digunakan adalah diagram pareto.

Komponen *hydraulic system* yang sering mengalami kerusakan pada masing-masing mesin bor adalah komponen *hose*. *Hose* yang sering mengalami kerusakan hampir sama yaitu komponen *hose hydraulic*, *hose hydraulic pump*, *hose clamp*, *hose cylinder* dan *hose swing motor*. Komponen *hydraulic system* lainnya yang sering mengalami kerusakan adalah

komponen *O-ring*. Sedangkan komponen yang sering mengalami kerusakan pada bagian *engine* adalah komponen *hose engine*, *hose radiator*, *hose hydraulic*, *hose clamp* dan *fuel filter*. Sementara untuk *dust collector*, komponen yang sering mengalami kerusakan adalah *hose dust* dan *dust filter*.

Hose tidak hanya digunakan dalam *hydraulic system* akan tetapi terkait dengan keseluruhan mesin bor. Hal-hal yang sering menyebabkan kerusakan komponen *hose* adalah adanya gesekan sesama *hose* akibatnya beratnya beban kerja yang dilakukan oleh *hose*, selanjutnya kerusakan *hose* juga disebabkan oleh umur *hose* yang sudah melewati *life time* yang dianjurkan dari pabrik pembuatnya dan pemakaian *hose* yang tidak sesuai. Kerusakan komponen *fuel filter* pada *engine* juga disebabkan oleh beratnya beban kerja yang harus dilakukan oleh komponen tersebut. Kerusakan oleh sebab yang sama juga terjadi pada *hose dust* dan *dust filter* pada *dust collector*.

Pemeliharaan yang baik dan terhadap komponen-komponen tersebut akan dapat meningkatkan performansi mesin bor dan mengurangi terjadinya *shutdown* mesin bor akibat kerusakan komponen kritis tersebut.

3.2.1 Analisis Keandalan Komponen Kritis Hydraulic System dan Engine DM 1

Komponen kritis *hydraulic system* diantaranya adalah *hose cylinder*, *hose clamp*, dan *O-ring*. Sedangkan komponen kritis *engine* adalah *fuel filter*. Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa distribusi kerusakan komponen-komponen tersebut mengikuti distribusi Weibull. Nilai parameter *Hose cylinder* $\alpha = 1363.457$, sedangkan nilai parameter $\beta = 1.238$. *Hose Clamp* yang merupakan salah satu komponen kritis *hydraulic system* memiliki parameter $\alpha = 1601.915$, dan $\beta = 1.057$ dan *O ring* memiliki parameter $\alpha = 822.607$, dan $\beta = 0.659$. Sedangkan *fuel filter* parameter $\alpha = 1068.491$, $\beta = 1.605$, untuk *hose engine* memiliki parameter $\alpha = 2081.231$, dan $\beta = 0.518$. Sedangkan *hose clamp* memiliki nilai $\alpha = 846.066$, dan $\beta = 1.615$ dan untuk *hose hydraulic* memiliki nilai $\alpha = 1893.603$, dan $\beta = 1.389$.

Selama selang waktu 360 jam, didapatkan nilai keandalan komponen kritis *hydraulic system* dan *engine* tertinggi adalah *hose clamp* nilai 0.9895. Sedangkan nilai keandalan terendah adalah *hose engine* sebesar 9.89069E-08. Artinya, komponen ini

sangat rentan mengalami kerusakan. Sehingga perlu dipersiapkan alokasi dana untuk penggantian kerusakan komponen.

3.2.2 Analisis Keandalan Komponen Kritis Hydraulic System, Engine dan Dust Collector DM 2

Komponen kritis *hydraulic system* DM 2 diantaranya adalah *hose cylinder*, *hose hydraulic* dan *hose hydraulic pump*. Sedangkan komponen kritis *engine* adalah *fuel filter*. Komponen kritis *dust collector* adalah *hose dust* dan *hose clamp*.

Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa distribusi kerusakan komponen kritis DM 2 mengikuti distribusi Weibull dengan nilai parameter yang bervariasi. Komponen *hose hydraulic* memiliki nilai parameter $\alpha = 659.075$, sedangkan nilai parameter $\beta = 0.786$, *hose cylinder* memiliki nilai parameter $\alpha = 2478.649$, sedangkan nilai parameter $\beta = 0.925$ dan *hose hydraulic pump* memiliki nilai parameter $\alpha = 350.750$, sedangkan nilai parameter $\beta = 2.755$. Nilai parameter β yang besar dari 1 ini sangat berisiko mengalami kegagalan, artinya kegagalan semakin meningkat sejalan dengan fungsi waktu t . Artinya, komponen ini sangat rentan mengalami kerusakan. Sehingga perlu dipersiapkan alokasi dana untuk penggantian kerusakan komponen.

Komponen kritis *fuel filter* memiliki parameter $\alpha = 305.724$, $\beta = 0.933$. Sedangkan *hose dust* memiliki parameter $\alpha = 394.815$, $\beta = 0.933$ dan *hose clamp dust collector* memiliki parameter $\alpha = 1226.856$, $\beta = 0.736$.

Selama selang waktu 360 jam, didapatkan nilai keandalan komponen kritis tertinggi adalah *hose clamp dust collector* dengan nilai 0.9409. Sedangkan nilai keandalan terendah adalah komponen *hose hydraulic pump* dengan nilai 0. Sehingga perlu dipersiapkan alokasi dana untuk penggantian kerusakan komponen tersebut.

Seringnya kerusakan yang terjadi pada komponen *hose* apapun jenisnya disebabkan oleh beratnya kerja yang harus dilakukan oleh *hose* tersebut. *Hose* tidak hanya digunakan dalam sistem hidrolik tetapi terkait dengan keseluruhan mesin bor. Hal-hal yang sering menyebabkan kerusakan komponen *hose* adalah adanya gesekan sesama *hose* akibat beratnya beban kerja yang dilakukan oleh *hose*, selanjutnya kerusakan *hose* juga disebabkan oleh umur *hose* yang sudah melewati *life time* yang dianjurkan dari pabrik pembuatnya dan

pemakaian komponen yang tidak sesuai untuk tipe unit tersebut.

3.2.3 Analisis Keandalan Komponen Hydraulic System dan Engine DM 3

Komponen kritis *hydraulic system* DM 3 diantaranya adalah *hose cylinder*, *hose hydraulic*, *hose clamp* dan *hose hydraulic pump*. Sedangkan komponen kritis *engine* adalah *hose clamp engine*, *hose radiator* dan *fuel filter*. Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa distribusi kerusakan komponen mengikuti distribusi Weibull dan Ekponensial dengan nilai parameter yang bervariasi. Komponen berdistribusi Weibull adalah *Hose cylinder*, *hose clamp engine*, *hose hydraulic pump*, *hose radiator* dan *fuel filter*. Parameter *Hose cylinder* $\alpha = 1032.25$, sedangkan nilai parameter $\beta = 0.749$. *Hose Clamp engine* memiliki nilai $\alpha = 2525.152$, dan $\beta = 0.899$, *fuel filter* memiliki nilai $\alpha = 665.189$ dan $\beta = 1.109$, *hose hydraulic pump* memiliki nilai $\alpha = 496.143$ dan $\beta = 0.978$ dan *hose radiator* memiliki nilai $\alpha = 1150.912$ dan $\beta = 0.72$.

Komponen yang berdistribusi ekponensial adalah *Hose clamp* dan *hose hydraulic* pada *hydraulic system* memiliki nilai parameter λ sebesar 0.0008 untuk masing-masing komponen.

Selama selang waktu 360 jam, didapatkan nilai keandalan komponen kritis *hydraulic system* dan *engine* tertinggi adalah *hose radiator* dengan nilai 0.9415. Sedangkan nilai keandalan terendah adalah komponen *hose hydraulic pump* dengan nilai 0.4235. Sehingga perlu dipersiapkan alokasi dana untuk penggantian kerusakan komponen.

3.2.4 Analisis Keandalan Komponen Kritis Hydraulic System dan Dust Collector TR1

Komponen kritis *hydraulic system* TR 1 diantaranya adalah *hose cylinder*, *hose hydraulic*, *hose clamp* dan *hose hydraulic pump*. Sedangkan komponen kritis *dust collector* adalah *hose dust*. Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa distribusi kerusakan komponen kritis TR 1 mengikuti distribusi Weibull dengan nilai parameter yang bervariasi. Komponen *hose hydraulic* memiliki nilai parameter $\alpha = 699.879$, sedangkan nilai parameter $\beta = 0.883$, *hose cylinder* memiliki nilai parameter $\alpha = 344.786$, sedangkan nilai parameter $\beta = 1.112$ dan *hose hydraulic pump* memiliki nilai parameter $\alpha = 477.945$, sedangkan nilai parameter $\beta = 0.903$, *hose clamp* memiliki nilai parameter $\alpha = 663.619$,

sedangkan nilai parameter $\beta = 0.976$. Sedangkan untuk *hose dust* memiliki nilai parameter $\alpha = 371.661$, sedangkan nilai parameter $\beta = 0.703$.

Selama selang waktu 360 jam, didapatkan nilai keandalan komponen kritis *hydraulic system* dan *engine* tertinggi adalah *hose dust* dengan nilai 0.8609. Sedangkan nilai keandalan terendah adalah komponen *hose cylinder* dengan nilai 0.1328. Sehingga perlu dipersiapkan alokasi dana untuk penggantian kerusakan komponen tersebut.

Seringnya kerusakan yang terjadi pada komponen *hose* apapun jenisnya disebabkan oleh beratnya kerja yang harus dilakukan oleh *hose* tersebut. *Hose* tidak hanya digunakan dalam sistem hidrolik tetapi terkait dengan keseluruhan mesin bor. Hal-hal yang sering menyebabkan kerusakan komponen *hose* adalah adanya gesekan sesama *hose* akibatnya beratnya beban kerja yang dilakukan oleh *hose*, selanjutnya kerusakan *hose* juga disebabkan oleh umur *hose* yang sudah melewati *life time* yang dianjurkan dari pabrik pembuatnya dan pemakaian komponen yang tidak sesuai dengan tipe unit tersebut.

3.2.5 Analisis Keandalan Komponen Kritis Hydraulic System dan Dust Collector TR2

Komponen kritis *hydraulic system* TR 2 diantaranya adalah *Hose cylinder*, *hose swing motor*, *o ring* dan *hose hydraulic pump*. Sedangkan *dust collector* komponen kritisnya adalah *hose clamp*, *dust filter* dan *hose dust*. Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa distribusi kerusakan komponen kritis TR 2 mengikuti distribusi Weibull dengan nilai parameter yang bervariasi. Komponen *hose swing motor* memiliki nilai parameter $\alpha = 392.133$, sedangkan nilai parameter $\beta = 1.112$, *hose cylinder* memiliki nilai parameter $\alpha = 410.422$, sedangkan nilai parameter $\beta = 1.110$ dan *hose hydraulic pump* memiliki nilai parameter $\alpha = 620.624$, sedangkan nilai parameter $\beta = 1.382$. Nilai parameter β yang besar dari 1 ini sangat berisiko mengalami kegagalan, artinya kegagalan semakin meningkat sejalan dengan fungsi waktu t . Artinya, komponen ini sangat rentan mengalami kerusakan. Sehingga perlu dipersiapkan alokasi dana untuk penggantian kerusakan komponen. *O ring* memiliki nilai parameter $\alpha = 349.756$, sedangkan nilai parameter $\beta = 0.982$. Sedangkan untuk *hose dust* memiliki nilai parameter $\alpha = 1450.038$, sedangkan nilai parameter $\beta = 0.914$, *hose clamp* memiliki

nilai parameter $\alpha = 1368.357$, sedangkan nilai parameter $\beta = 1.481$ dan dust filter memiliki nilai parameter $\alpha = 1362.236$, sedangkan nilai parameter $\beta = 0.922$.

Selama selang waktu 360 jam, didapatkan nilai keandalan komponen kritis *hydraulic system* dan *engine* tertinggi adalah *hose dust* dengan nilai 0.8602. Sedangkan nilai keandalan terendah adalah komponen *hose swing motor* dengan nilai 0.0042. Sehingga perlu dipersiapkan alokasi dana untuk penggantian kerusakan komponen tersebut.

Kerusakan rata-rata terjadi pada *hose*. Seringnya kerusakan yang terjadi pada komponen *hose* apapun jenisnya disebabkan oleh beratnya kerja yang harus dilakukan oleh *hose* tersebut. Hal-hal yang sering menyebabkan kerusakan komponen *hose* adalah adanya gesekan sesama *hose* akibatnya beratnya beban kerja yang dilakukan oleh *hose*, selanjutnya kerusakan *hose* juga disebabkan oleh umur *hose* yang sudah melewati *life time* yang dianjurkan dari pabrik pembuatnya dan pemakaian komponen yang tidak sesuai dengan tipe unit tersebut.

3.3 Analisis Penjadwalan Penggantian Komponen Kritis Mesin bor

Penjadwalan penggantian komponen dilakukan pada komponen yang memiliki persentase kerusakan tertinggi. Artinya senantiasa mengalami kegagalan dan akan menyebabkan *shutdown* mesin bor yang tinggi, untuk penggantian kerusakan. *Tools analysis* yang digunakan dalam hal ini adalah diagram pareto.

Dari pengolahan data yang dilakukan untuk mendapatkan interval penggantian yang optimal dari komponen kritis masing-masing mesin bor, didapatkan bahwa pada umumnya interval penggantian komponen kritis tersebut tidak sesuai dengan *life time* yang diberikan oleh pabrik dimana untuk komponen *hose life time* nya berkisar antara 7000 – 15.000 jam. Komponen kritis mesin bor dengan interval pengantiannya besar dari 15.000 jam hanya terdapat pada tiga komponen yaitu komponen *O ring* DM 1, komponen *Hose Dust Collector* DM 2 dan *Hose Radiator* DM 3, sedangkan komponen lainnya memiliki interval penggantian kurang dari 7000 jam. Adanya beberapa komponen yang interval pengantiannya tidak sesuai dengan *life time* komponen yang dikeluarkan oleh pabrik disebabkan oleh seringnya kerusakan komponen diluar perkiraan pabrik akibat

beban kerja yang berat dari unit tersebut serta pemakaian komponen yang tidak sesuai dengan tipe unit mesin bor yang seharusnya.

3.3.1 Analisis Penjadwalan Penggantian Komponen Kritis Hydraulic System dan Engine DM 1

Penjadwalan penggantian komponen kritis *hydraulic system* dan *engine* DM 1 pada komponen *hose cylinder*, *hose clamp*, *hose hydraulic*, *hose engine*, *hose clamp engine*, *fuel filter* dan *O-ring*.

Setelah dilakukan penghitungan, maka ekspektasi biaya penggantian minimal di bawah 7000 jam kerja adalah ekspektasi biaya penggantian komponen *hose clamp*. Ekspektasi biaya penggantian komponen *hose clamp* adalah sebesar Rp 225, setelah komponen dioperasikan selama 1.471 jam operasi mesin. Sedangkan untuk komponen *o ring* yang dapat melewati *lifetime* perkiraan pabrik, penggantian dilakukan setelah dioperasikan selama 45.670 jam operasi mesin saat biaya penggantian komponen minimal yaitu sebesar Rp 45,29.

Perbaikan kerusakan pada komponen-komponen kritis berlangsung selama 4 jam. Asumsi yang digunakan adalah bahwa saat itu, komponen yang akan diganti dan peralatan perkakas (misalnya kunci-kunci) yang digunakan tersedia sehingga mekanik dapat langsung mengganti komponen yang ada. Dalam hal ini, mekanik diasumsikan selalu siap bekerja pada saat penggantian tiba (motivasi kerja yang tinggi).

3.3.2 Analisis Penjadwalan Penggantian Komponen Kritis Hydraulic System dan Engine DM 2

Penjadwalan penggantian komponen kritis *hydraulic system* dan *engine* DM 2 pada komponen *hose cylinder*, *hose hydraulic pump*, *hose hydraulic*, *hose dust*, *hose clamp dust collector*, *fuel filter*.

Setelah dilakukan penghitungan maka, ekspektasi biaya penggantian minimal di bawah 7000 jam kerja adalah ekspektasi biaya penggantian komponen *hose clamp*. Ekspektasi biaya penggantian komponen *hose clamp* adalah sebesar Rp 99,068 setelah komponen dioperasikan selama 746 jam operasi mesin. Sedangkan untuk komponen *hose hydraulic pump* hanya bisa bertahan untuk 30 jam operasi, ini berarti bahwa biaya penggantian komponen ini sangat besar. Ekspektasi biaya penggantian komponen ini setelah

dioperasikan selama 30 jam adalah sebesar Rp 4.637,27.

Sementara untuk komponen *hose dust* yang dapat melewati *lifetime* perkiraan pabrik, penggantian dilakukan setelah dioperasikan selama 17.785 jam operasi mesin saat ekspektasi biaya penggantian komponen minimal sebesar Rp 3.121,88.

Perbaikan kerusakan pada komponen-komponen kritis berlangsung selama 4 jam. Asumsi yang digunakan adalah bahwa saat itu, komponen yang akan diganti dan peralatan perkakas (misalnya kunci-kunci) yang digunakan tersedia sehingga mekanik dapat langsung mengganti komponen yang ada. Dalam hal ini, mekanik diasumsikan selalu siap bekerja pada saat penggantian tiba (motivasi kerja yang tinggi).

3.3.3 Analisis Penjadwalan Penggantian Komponen Kritis *Hydraulic System* dan *Engine DM 3*

Penjadwalan penggantian komponen kritis *hydraulic system* dan *engine DM 3* pada komponen *hose cylinder*, *hose hydraulic pump*, *hose hydraulic*, *hose clamp*, *hose clamp engine*, *fuel filter* dan *hose radiator*.

Setelah dilakukan penghitungan maka, ekspektasi biaya penggantian minimal di bawah 7000 jam kerja adalah ekspektasi biaya penggantian komponen *hose clamp*. Ekspektasi biaya penggantian komponen *hose clamp* adalah sebesar Rp 191,0235 setelah komponen dioperasikan selama 2.641 jam operasi mesin. Sedangkan untuk komponen *hose clamp* pada *dust collector* penggantian dilakukan setelah dioperasikan selama 8.650 jam kerja mesin saat ekspektasi biaya penggantian komponen minimal Rp 1024,442.

Sementara untuk komponen *hose radiator* yang dapat melewati *lifetime* perkiraan pabrik, penggantian dilakukan setelah dioperasikan selama 28.355 jam kerja mesin saat ekspektasi biaya penggantian komponen minimal Rp 544,4847.

Perbaikan kerusakan pada komponen-komponen kritis berlangsung selama 4 jam. Asumsi yang digunakan adalah bahwa saat itu, komponen yang akan diganti dan peralatan perkakas (misalnya kunci-kunci) yang digunakan tersedia sehingga mekanik dapat langsung mengganti komponen yang ada. Dalam hal ini, mekanik diasumsikan selalu siap bekerja

pada saat penggantian tiba (motivasi kerja yang tinggi).

3.3.4 Analisis Penjadwalan Penggantian Komponen Kritis *Hydraulic System* dan *Dust Collector TR 1*

Penjadwalan penggantian komponen kritis *hydraulic system* dan *dust collector TR 1* pada komponen *hose cylinder*, *hose hydraulic pump*, *hose hydraulic*, *hose clamp*, dan *hose dust*.

Setelah dilakukan penghitungan maka, ekspektasi biaya penggantian minimal di bawah 7000 jam kerja adalah ekspektasi biaya penggantian komponen *hose cylinder*. Ekspektasi biaya penggantian komponen *hose cylinder* adalah sebesar Rp 556,50 setelah komponen dioperasikan selama 2.005 jam operasi mesin. Saat ekspektasi biaya penggantian komponen minimal tersebut, nilai biaya penggantian komponen ini untuk jam operasi mesin seterusnya bergerak tetap pada posisi Rp 556,50.

Sementara untuk komponen *hose dust*, penggantian dilakukan setelah dioperasikan selama 8.704 jam operasi mesin dengan biaya ekspektasi penggantian Rp 342,0971.

Perbaikan kerusakan pada komponen-komponen kritis berlangsung selama 4 jam. Asumsi yang digunakan adalah bahwa saat itu, komponen yang akan diganti dan peralatan perkakas (misalnya kunci-kunci) yang digunakan tersedia sehingga mekanik dapat langsung mengganti komponen yang ada. Dalam hal ini, mekanik diasumsikan selalu siap bekerja pada saat penggantian tiba (motivasi kerja yang tinggi).

3.3.5 Analisis Penjadwalan Penggantian Komponen Kritis *Hydraulic System* dan *Dust Collector TR 2*

Penjadwalan penggantian komponen kritis *hydraulic system* dan *dust collector TR 2* pada komponen *hose cylinder*, *hose swing motor*, *hose hydraulic pump*, *o ring*, *hose clamp dust collector*, dan *hose dust*.

Setelah dilakukan penghitungan maka, ekspektasi biaya penggantian minimal di bawah 7000 jam kerja adalah ekspektasi biaya penggantian komponen *o ring*. Ekspektasi biaya penggantian komponen adalah sebesar Rp 407,209 setelah komponen dioperasikan selama 751 jam operasi mesin.

Perbaikan kerusakan pada komponen-komponen kritis berlangsung

selama 4 jam. Asumsi yang digunakan adalah bahwa saat itu, komponen yang akan diganti dan peralatan perkakas (misalnya kunci-kunci) yang digunakan tersedia sehingga mekanik dapat langsung mengganti komponen yang ada. Dalam hal ini, mekanik diasumsikan selalu siap bekerja pada saat penggantian tiba (motivasi kerja yang tinggi).

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai keandalan untuk setiap unit Mesin bor pada $t=360$ jam adalah sebesar 0.0009 untuk DM 1, 6.98805E-08 untuk DM 2, 2.93973E-67 untuk DM 3, 9.21823E-17 untuk TR 1 dan 5.4027E-08 untuk TR 2.
Nilai keandalan 0.0009 untuk DM 1 adalah nilai keandalan terbesar dibandingkan nilai keandalan unit mesin bor lainnya. Artinya pada saat 360 jam operasi mesin probabilitas mesin bor DM 1 tidak mengalami kerusakan adalah sebesar 0.0009.
2. Interval penggantian maksimum adalah komponen *O ring* DM 1 selama 272 minggu.
3. Interval penggantian minimum adalah komponen *hose hydraulic pump* DM 2 yaitu setiap 30 jam operasi mesin.

4.2 Saran

Setelah melakukan penelitian pada mesin bor yang beroperasi pada Area I Penambangan Batu Kapur di PTSP tentang penentuan interval penggantian komponen kritis mesin bor maka saran yang dapat diberikan adalah :

1. Untuk penelitian lebih lanjut sebaiknya menggunakan data dengan rentang waktu yang lebih panjang (minimal 3 tahun) agar hasil yang didapat lebih akurat.
2. Pada saat penggantian komponen kritis, hendaknya dilakukan pula pemeriksaan untuk komponen yang lain.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menjadwalkan interval penggantian komponen kritis mesin bor pada masing-masing unit mesin bor yang beroperasi pada area I Departemen Tambang PTSP.

5. Daftar Pustaka

- Adianto, Hari, *Penerapan Model Preventive Maintenance Smith dan Dekker di PD. Industri Unit Inkaba*, Jurnal Teknik Industri Vol. 7, No. 1, Juni 2005: 51 – 60.
- Anderson, Deryk. *Reducing The Cost of Preventive Maintenance*. Oniqua Enterprise Analytics. derik.anderson@oniqua.com
- Campbell, John D., Jardine, A.K.S., *Maintenance Excellence*, Marcel Dekker Inc, New York, 2001.
- Gani, A. Z., et.al, *Maintenance Management I*, PT. Petrakonsulindo Utama, Bandung, 1985.
- Ingersoll-Rand, *Construction and Mining Spare Part Manual*, Ingersoll-Rand
- Jardine, A.K.S., *Maintenance, Replacement and Reliability*, Pitman Publishing Corporation, New York, 1973.
- Komatsu, *Spesification and Application Handbook*, Komatsu Ltd, Japan, 2003.
- Ramakumar, R., *Engineering Reliability; Fundamental and Applications*, Prentice-Hall International, Englewood Clifs, New Jersey, 1993.
- Sina, Ibnu, *Penjadwalan Pemeliharaan Komponen Mesin Pulp dengan Kriteria Minimasi Biaya*, Tugas Akhir Teknik Industri, 2004.
- Smith, David J., *Reliability, Maintainability and Risk, Practical Methods for Engineers, Fourth Edition*, Clays Ltd, Britain, 1993.
- Tamrock, *Spare Parts Manual*, Tamrock, 1998.
- Ulka, Marini, *Penjadwalan Pemeliharaan Komponen Kritis Pada Sistem Hidrolik dan Engine Unit Excavator Di Departemen Tambang PT. Semen Padang*, Tugas Akhir Teknik Industri, 2006.
- Universitas Kristen Petra, *Pedoman Tata Tulis Tugas Akhir Universitas Kristen Indonesia*, Edisi 3, 2004. <http://www.petra.ac.id>
- Walpole, Ronald E., Myers, Raymond H., Myers, Sharon L. *Probability and Statistic for Engineers and Scientist*, New Jersey, Prentice Hall International, 1998.
- Wolstenhome, Linda C. *Reliability Modelling : A Stastical Approach*. London, Charman & Hall/ CHCR, 1999.