
FAKTOR PENYEBAB KERUSAKAN SISTEM MESIN PADA BUS APTB PPD

Laela Chairani¹, Yulita Veranda Usman², Nur Yulianti Hidayah³

Abstract: Comfort and safety of public transportation, particularly APTB PPD buses, becomes high expectations for its customers. Those expectations must be supported by the application of a good engine maintenance system. By using the method of Reliability Centered Maintenance may be determined appropriate actions to mitigate damage. From the analysis known the failures of the APTB PPD bus are malfunctions of the fuel engine, power transfer systems, difficulty to move the gear lever, and lubricating system for the rough engine noise. The cause of engine malfunction is dirty diesel filter, vehicle acceleration malfunction is due to the clutch plate wear out. Difficulty to move the gear lever indicates that the clutch slips. Rough engine noise caused by the flow of oil to the engine stalled as the result of dirty oil filter. The results of the logic tree analysis show that for each failure requires scheduling of time directed task.

Keywords: *bus engine maintenance, reliability centered maintenance, cause of malfunction, logic tree analysis, maintenance scheduling.*

PENDAHULUAN

Angkutan publik yang baik adalah angkutan yang dapat memberikan kenyamanan dan keamanan bagi yang menggunakannya dan lingkungan yang berada di sekitarnya. Kenyamanan dan keamanan merupakan nilai mutlak yang harus dimiliki/disediakan oleh perusahaan pengelola angkutan publik karena hal ini akan memberi dampak yang sangat luas baik terhadap penggunanya maupun lingkungan. Dampak yang terlihat langsung kepada pengguna yaitu dapat meningkatkan minat pengguna/masyarakat untuk menggunakan angkutan publik tersebut sehingga dapat diharapkan menurunkan tingkat penggunaan kendaraan pribadi baik roda dua maupun roda empat. Sedangkan dampak terhadap lingkungan, dapat menurunkan tingkat polusi yang dihasilkan dari pembakaran kendaraan tersebut.

Salah satu perusahaan angkutan publik milik pemerintah yang melayani mobilisasi masyarakat di wilayah DKI Jakarta adalah Perum PPD. Keadaan bus PPD saat ini sangatlah mengkhawatirkan. Bila ditinjau dari kenyamanan dan keamanan, sudah tidak dapat dikatakan layak untuk dioperasikan. Hal ini terlihat dari banyaknya bus PPD yang sering ditemui mogok pada jam beroperasi, selain itu polusi yang dihasilkan cukup besar sehingga akan memberi dampak buruk terhadap kesehatan di lingkungan sekitarnya (Perum PPD, 2002).

¹ Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pancasila
Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, 12640
Email: laelachairani@yahoo.com

² Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pancasila
Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, 12640
Email: yuli_ta@yahoo.com

³ Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pancasila
Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, 12640
Email: nurli_tiftup@yahoo.com

Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan suatu penelitian yang berhubungan dengan sistem perawatan mesin bus PPD sehingga diharapkan permasalahan yang berkaitan dengan kenyamanan dan keamanan pada angkutan publik tersebut dapat teratasi. Hasil dari penelitian ini yang berupa analisis penyebab kerusakan pada mesin bus PPD diharapkan dapat dijadikan rekomendasi bagi Perum PPD dalam merencanakan kegiatan pemeliharaan pada mobil angkutan yang dimilikinya.

Maintenance merupakan suatu aktifitas yang dilakukan agar peralatan atau item dapat dijalankan sesuai dengan standart performansi semula. *The American Management Association, Inc* mendefinisikan sebagai suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima (Soesetyo & Bendatu, 2014).

Menurut Nasution (2006), pendekatan perawatan pada dasarnya dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu *planned maintenance* dan *unplanned maintenance*. *Planned Maintenance* adalah tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu, meliputi:

- a. *preventive maintenance*, suatu sistem perawatan yang terjadwal dari suatu peralatan/suku cadang yang didesain untuk meningkatkan keandalan suatu mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya.
- b. *predictive maintenance* didefinisikan sebagai pengukuran yang dapat mendeteksi degradasi sistem, sehingga penyebabnya dapat dieliminasi atau dikendalikan tergantung pada kondisi fisik suku cadang. Hasilnya menjadi indikasi kapabilitas fungsi sekarang dan masa depan.

Unplanned maintenance merupakan suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya tidak direncanakan, yang meliputi:

- a. *corrective maintenance*, suatu kegiatan perawatan yang tujuan akhirnya untuk memperbaiki fungsi mesin atau peralatan. Pada umumnya dilakukan setelah sebuah suku cadang mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mengembalikan keandalan sebuah suku cadang atau sistem ke kondisi semula.
- b. *breakdown maintenace*, yaitu suatu kegiatan perawatan yang pelaksanaannya menunggu sampai dengan peralatan tersebut rusak lalu dilakukan perbaikan. Cara ini dilakukan apabila efek *failure* tidak bersifat signifikan terhadap operasi ataupun produksi.

Reliability centered maintenance (RCM) merupakan sebuah proses teknik logika untuk menentukan tugas-tugas pemeliharaan yang menjamin sebuah perancangan sistem keandalan dengan kondisi pengoperasian yang spesifik pada sebuah lingkungan pengoperasian yang khusus (Chalifoux & Baird, 1999; Moubray, 1997). RCM sangat bergantung pada *predictive maintenance*, tetapi juga menyadari bahwa kegiatan *maintenance* pada peralatan yang tidak berbiaya mahal dan tidak penting terhadap *reliability* peralatan lebih baik dilakukan pendekatan *reactive maintenance* (Hartono & Dewi, 2003). Pendekatan RCM dalam melaksanakan program *maintenance* dominan bersifat *predictive* dengan pembagian sebagai berikut:

- a. < 10% *reactive*,
- b. 25% - 35% *preventive*,
- c. 45% - 55% *predictive*.

Langkah-langkah penerapan *reliability centered maintenace* adalah sebagai berikut (Smith & Hinchcliffe, 2004):

1. Memilih sistem yang akan dianalisis
2. Pengumpulan informasi
3. Deskripsi sistem dan blok diagram fungsi
4. Fungsi sistem dan kegagalan fungsi
5. *Failure mode and effect analysis (FMEA)*
6. *Logic tree analysis (LTA)*
7. Pemilihan tindakan

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di lokasi pool bus PPD, yaitu di Jl. DI Pandjaitan No.1, Cawang, Jakarta Timur. Objek yang diteliti adalah kendaraan angkutan umum milik Perum PPD, yaitu bus APTB (Angkutan Perbatasan Terintegrasi Busway) dengan rute Bekasi – Bundaran HI.

Berikut adalah prosedur analisis berdasarkan RCM (Iriani & Rahmadi, 2011):

- a. Pemilihan sistem
Dalam tahap ini akan dilakukan pemilihan terhadap sistem pada bus APTB agar sistem yang akan dikaji tidak terlalu luas.
- b. Pendefinisian batasan sistem
Pendefinisian batasan sistem bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem lainnya.
- c. Penjelasan sistem dan blok diagram fungsi
Sistem yang dikaji diuraikan secara mendetail kemudian digambarkan dalam blok diagram fungsi. Dalam tahap ini juga akan dikembangkan *System Work Breakdown Structure (SWBS)* dari sistem yang dikaji.
- d. Identifikasi penyebab kerusakan
Menjelaskan masalah utama yang sering dihadapi sistem perawatan saat ini yaitu tingginya frekuensi kerusakan pada bus. Analisis dengan menggunakan *why-why analysis* untuk mempermudah identifikasi masalah.
- e. Analisis pohon logika (LTA)
Empat hal penting dalam analisis kekritisan ini adalah sebagai berikut:
 - i. *evident*, yaitu apakah operator (supir) mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
 - ii. *safety*, yaitu apakah modus kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
 - iii. *outage*, yaitu apakah modus kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin bus terhenti?
 - iv. *category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan.Pada bagian ini suku cadang bus terbagi dalam 4 kategori, yakni:
 - i. kategori A (masalah keselamatan),
 - ii. kategori B (masalah gangguan sistem),
 - iii. kategori C (masalah ekonomi),
 - iv. kategori D (masalah tersembunyi).
- f. Pemilihan Tindakan
Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dalam proses RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk modus kerusakan tertentu. Berikut ini adalah keterangan tindakan yang dapat dihasilkan *road map* pemilihan tindakan.
 1. *Condition Directed (CD)*
Tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang

ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian suku cadang.

2. *Time Directed* (TD)

Tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur suku cadang.

3. *Finding Failure* (FF)

Tindakan yang diambil dengan tujuan untuk menemukan kerusakan suku cadang yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala

g. Rekomendasi tindakan perawatan hasil pendekatan RCM

Setelah diketahui suku cadang-suku cadang dengan kategori berdasarkan LTA (*Logic Tree Analysis*) ditentukan pemilihan tindakan perawatan berdasarkan *road map* RCM. Kemudian, untuk masing-masing tindakan perawatan (TD, CD, dan FF) akan diberikan rekomendasi prosedur standar perawatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini difokuskan pada bis PPD jenis APTB dengan rute Bundaran HI – Bekasi (Bekasi Timur). Bis ini merupakan bis buatan Jepang dengan merk Hino. Berdasarkan hasil pengumpulan data, dari 15 buah bis APTB yang diamati, diperoleh jenis kerusakan/kegagalan fungsi yang paling banyak terjadi pada bis APTB selama kurun waktu 2011-2014 (tabel 1).

Pemilihan Sistem

Proses analisis RCM dilakukan pada level sistem, bukan pada level komponen. Hal ini disebabkan analisis pada level komponen tidak memberikan informasi yang jelas terhadap kegagalan sistem. Selain itu, sebuah komponen biasanya mendukung beberapa fungsi sistem. Pada penelitian ini untuk memilih sistem yang akan dilakukan didasari pada 80% kumulatif dari jenis kerusakan yang terjadi pada kendaraan bus APTB PPD. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1 dimana jenis kerusakannya terdiri dari mesin sering mati, akselerasi kendaraan lemah, tuas transmisi sulit dipindahkan, dan suara mesin kasar. Berdasarkan prinsip RCM bahwa analisis dilakukan pada level sistem bukan pada komponen, maka keempat jenis kerusakan di atas merupakan bagian dari sistem:

Tabel 1. Jenis dan frekuensi kerusakan bis APTB selama tahun 2011-2014

No	Jenis Kerusakan	Frekuensi Kerusakan	Frekuensi Kumulatif
1	Suara mesin kasar	26	26
2	Mesin sering mati	22	48
3	Akselerasi lemah	19	67
4	Transmisi sulit dipindahkan	13	80
5	Stel kopling	7	87
6	AC tidak dingin	5	92
7	Lampu seri mati	5	97
	Jumlah	97	

a. Sistem pelumasan untuk suara mesin kasar
 b. Sistem bahan bakar untuk mesin sering mati
 c. Sistem pemindah tenaga untuk akselerasi kendaraan lemah
 d. Tuas transmisi sulit dipindahkan

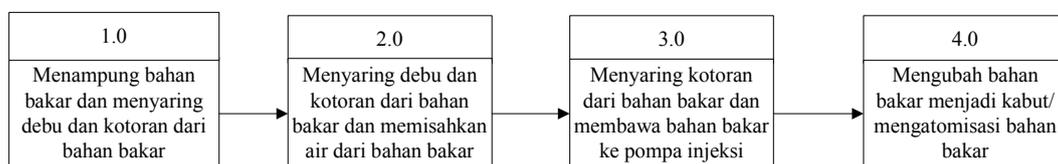
Pendefinisian Batasan Sistem

Definisi batasan sistem terdiri dari peralatan mayor dan batasan fisik primer. Berikut adalah peralatan mayor dan batasan fisik primer dari sub sistem pada sistem yang diamati, yang meliputi:

1. Sub sistem pada sistem bahan bakar terdiri atas:
 - a. Sub sistem *fuel tank*
 - b. Sub sistem *fuel filter* dan sedimenter
 - c. Sub sistem *feed pump*
 - d. Pompa injeksi
2. Sub sistem pada sistem pemindah tenaga:
 - a. Sub sistem kopling
 - b. Sub sistem transmisi
 - c. Sub sistem *propeller shaft*
 - d. Sub sistem gardan
3. Sub sistem pada sistem pelumasan:
 - a. Sub sistem bak carter
 - b. Sub sistem *oil pump*
 - c. Sub sistem penyaring
 - d. Sub sistem pendingin

Blok Diagram Fungsi

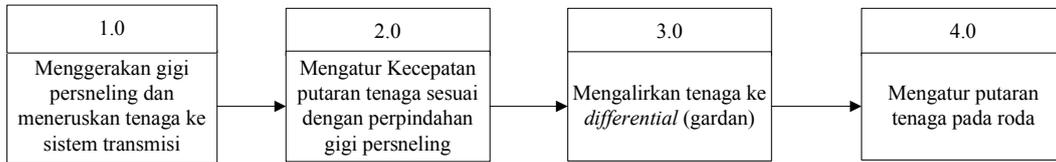
Diagram blok adalah suatu pernyataan gambar yang ringkas dari gabungan sebab dan akibat antara masukan dan keluaran dari suatu sistem. Gambar 1 menjelaskan urutan fungsi dari sistem bahan bakar, dimana bahan bakar masuk ke dalam *fuel tank* untuk disaring kotoran dan debu yang ada di dalam bahan bakar serta sebagai tempat penampungan bahan bakar. Dari *fuel tank* bahan bakar dialirkan dengan menggunakan *stand pipe* untuk dilakukan penyaringan kembali dari kotoran yang mungkin masih ada di dalam bahan bakar dan juga memisahkan air yang kemungkinan juga ada didalam bahan bakar. Selanjutnya bahan bakar dihisap oleh *feed pump* untuk di bawa ke pompa injeksi. Sebelum bahan bakar sampai ke pompa injeksi, bahan bakar di saring kembali agar bahan bakar yang nantinya masuk ke pompa injeksi bersih dari kotoran. Pada pompa injeksi bahan bakar dikabutkan/diatomisasi dengan menggunakan *injection nozzle* untuk selanjutnya di bawa ke proses pembakaran.



Gambar 1. Blok diagram fungsi sistem bahan bakar

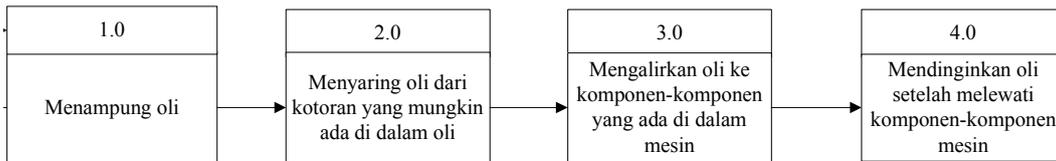
Urutan fungsi pada sistem pemindah tenaga dengan transmisi manual adalah pada saat pedal kopling diinjak, semua komponen yang ada pada sistem kopling akan bergerak untuk meneruskan tenaga dari mesin ke sistem transmisi. Pada sistem transmisi kecepatan tenaga diatur sesuai dengan perpindahan gigi pada persneling. Selanjutnya tenaga dialirkan ke gardan (*differential*) melalui *propeller shaft*. Pada gardan putaran tenaga diatur berdasarkan kondisi jalannya laju kendaraan, jika

kendaraan berbelok maka putaran roda kiri dan kanan diatur agar mobil dapat membelok dengan baik tanpa membuat kedua ban menjadi slip atau tergelincir. Blok diagram fungsi untuk sistem pemindah tenaga dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram fungsi sistem pemindah tenaga

Sistem pelumasan pada mesin diesel pada dasarnya sama dengan pelumasan yang ada pada mesin bensin. Mesin diesel reatif lebih banyak menghasilkan karbon dari pada mesin bensin selama pembakaran, jadi diperlukan saringan oli (*oil filter*) yang dirancang khusus. Sistem pelumasan mesin diesel dilengkapi dengan pendingin oli (*oil cooler*) untuk mendinginkan minyak pelumas, karena mesin diesel temperatur kerjanya sangat tinggi dan bagian-bagian yang bergerak juga kerjanya lebih berat dari pada yang ada pada motor bensin. Blok diagram fungsi pada sistem pelumasan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram fungsi sistem pelumasan

Analisis penyebab kerusakan

Analisis penyebab kegagalan dilakukan untuk mengetahui akar penyebab terjadinya kegagalan pada mesin. Tabel 2 menunjukkan akar penyebab terjadinya kegagalan pada mesin yaitu mesin sering mati, tuas transmisi tidak mudah dipindahkan, kendaraan kurang kencang larinya, dan suara mesin kasar.

Berdasarkan analisis penyebab masalah pada tabel 2 diketahui bahwa kegagalan mesin sering mati diakibatkan oleh filter solar kotor yang menyebabkan aliran bahan bakar tidak lancar. Kotornya filter solar disebabkan oleh umur pakai dari filter tersebut yang sudah melampaui batas dan banyaknya kotoran pada bahan bakar.

Untuk akselerasi kendaraan lemah disebabkan oleh plat kopling aus karena pengoperasian kopling salah akibat operator kurang berpengalaman, pemakaian oli yang tidak tepat, dan umur pakai dari plat kopling tersebut yang sudah melampaui batas. Tuas transmisi sulit dipindahkan juga disebabkan kopling slip, hal ini terjadi karena pengaruh plat kopling yang sudah aus, pemakaian oli yang tidak tepat, dan oli tersebut telah lama digunakan, sedangkan suara mesin kasar disebabkan oleh filter oli kotor akibat lamanya pemakaian oli tersebut yang dikarenakan tidak adanya pemeliharaan terencana.

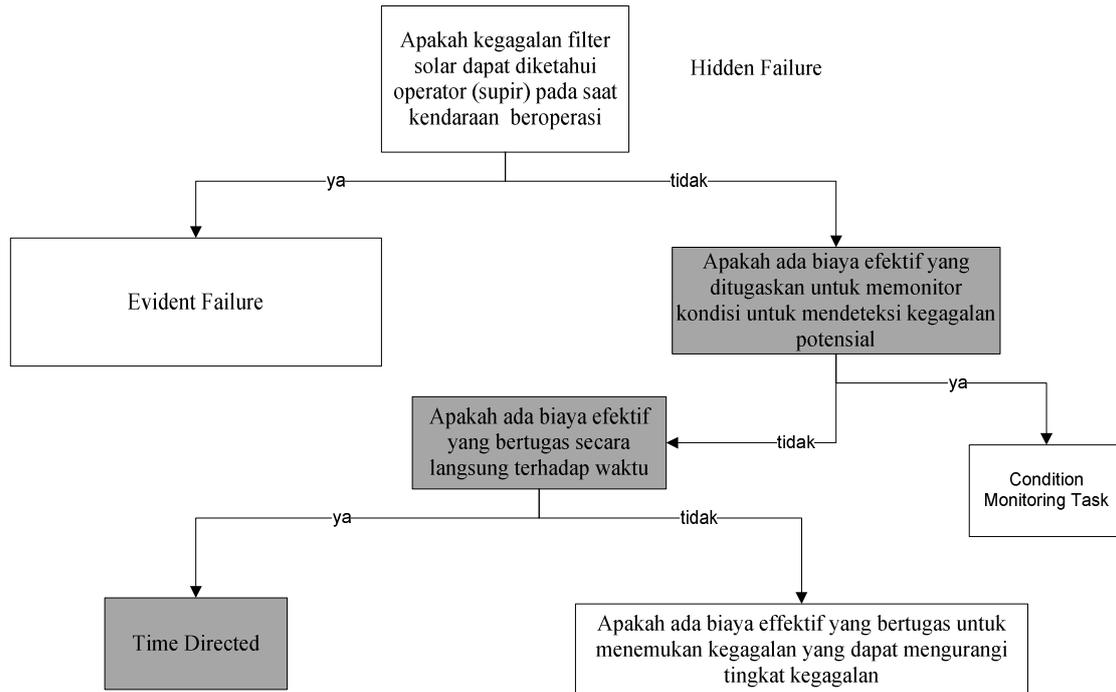
Tabel 2. Analisis penyebab kegagalan mesin

Jenis Kegagalan	Why-1	Why-2	Why-3	Why-4	Why-5
Mesin sering mati	Bahan bakar tidak naik ke sistem pengapian	Membran pada <i>priming pump</i> kendor	Aliran bahan bakar tidak lancar	Filter solar kotor	Umur pakai melampaui batas Bahan bakar kotor
Tuas transmisi sulit dipindahkan	Kopling selip	Plat kopling aus	Pengoperasian kopling yang salah	Operator kendaraan kurang pengalaman	
			Umur pakai melampaui batas pemakaian	Tidak dilakukan pemeliharaan terencana	
		Oli terlalu encer	Penggunaan oli yang salah		
		Oli terlalu lama digunakan	Tidak dilakukan pemeliharaan terencana		
Akselerasi kendaraan lemah	Plat kopling aus	Pengoperasian kopling yang salah	Operator kendaraan kurang berpengalaman		
			Penggunaan oli yang tidak tepat		
		Umur pakai melebihi batas pemakaian	Tidak dilakukan pemeliharaan terencana		
Suara mesin kasar	Aliran oli ke mesin tersendat	Filter oli kotor	Oli telah lama digunakan	Tidak dilakukan pemeliharaan terencana.	

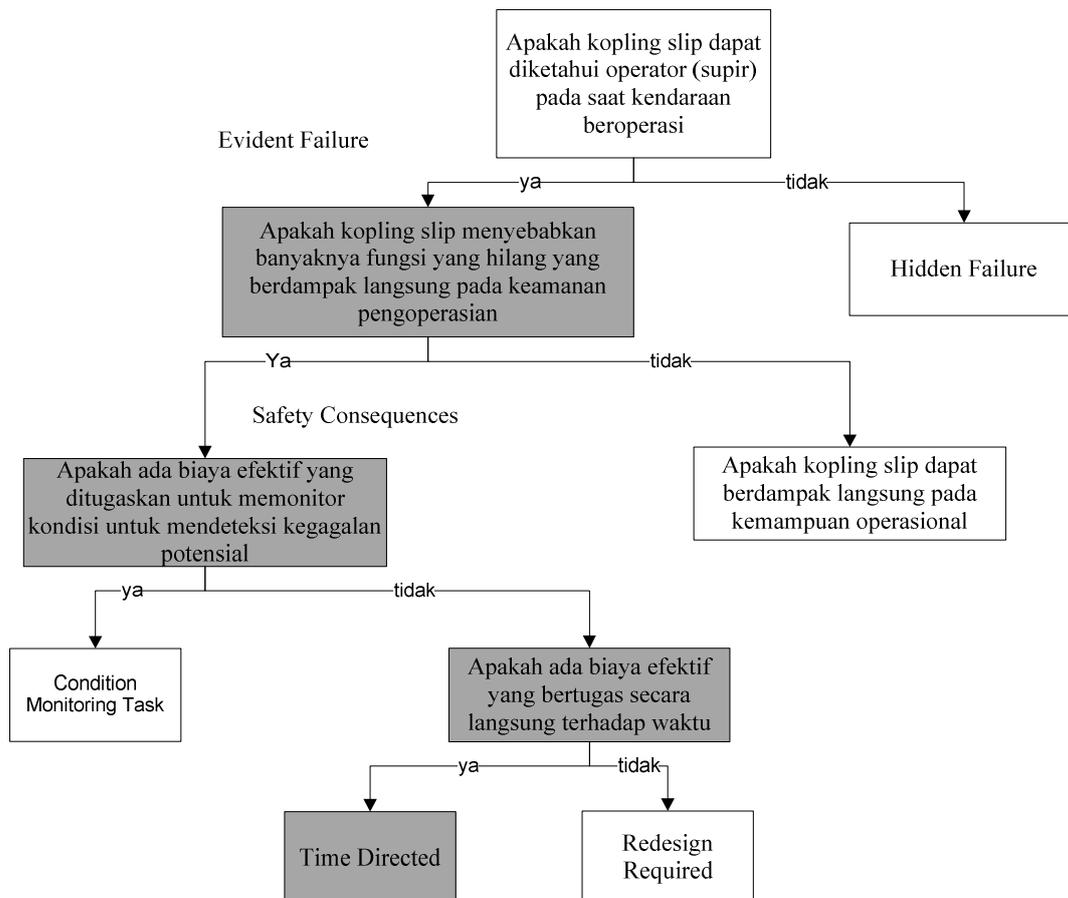
Penyusunan *Logic Tree Analysis*

Logic tree analysis (LTA) untuk pemeliharaan yang perlu dilakukan ditunjukkan pada gambar 4, yang menunjukkan bahwa kegagalan yang disebabkan oleh filter solar kotor merupakan kegagalan yang masuk ke dalam *hidden failure*. *Hidden failure* atau kegagalan tersembunyi merupakan kegagalan yang tidak dapat diketahui secara langsung penyebabnya oleh operator dalam hal ini adalah supir bus. Untuk mengurangi kegagalan yang disebabkan oleh filter solar kotor maka perlu dilakukan penjadwalan penggantian filter solar yang didasari pada waktu kegagalan.

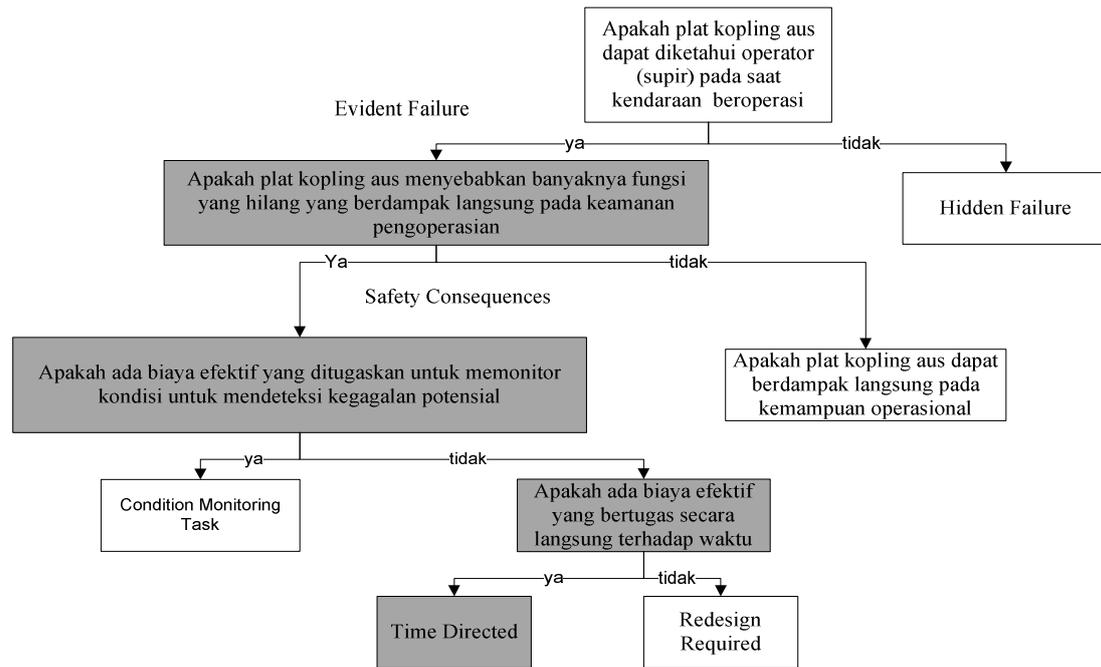
Gambar 5 menunjukkan bahwa kegagalan yang disebabkan oleh kopling slip dapat mengakibatkan banyaknya fungsi yang hilang dan berdampak langsung pada keamanan pengoperasian. Kopling slip ini masuk ke dalam *evident failure*, yaitu kegagalan yang dapat diketahui oleh operator dalam hal ini adalah supir bus.



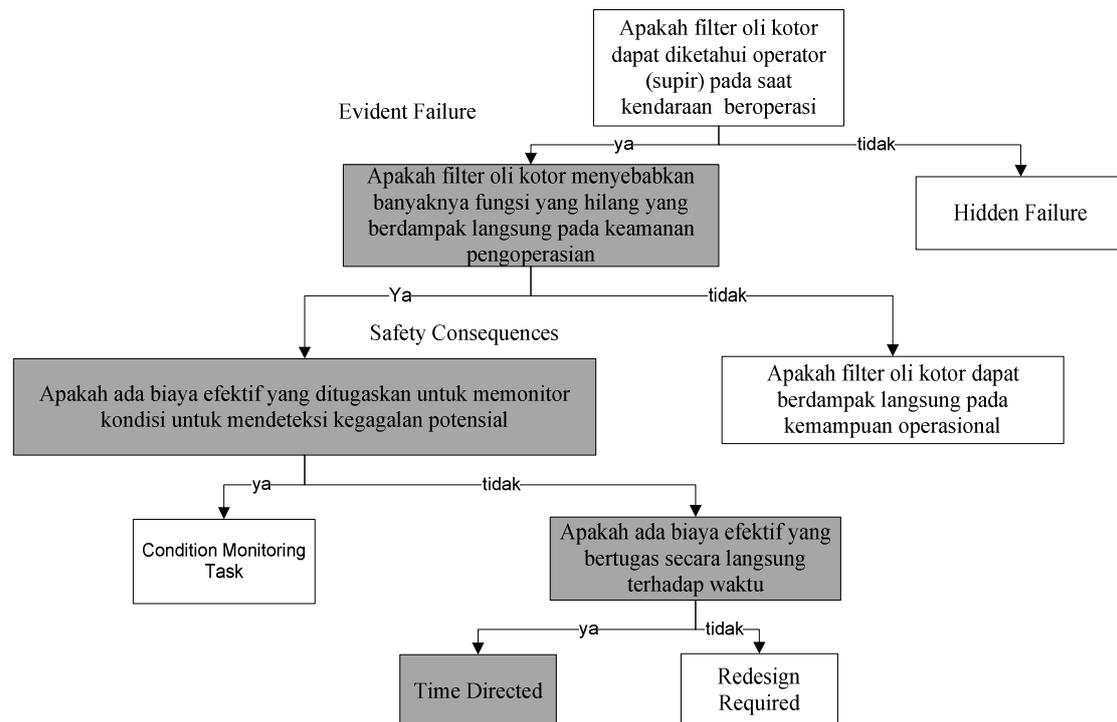
Gambar 4. Logic tree analysis filter solar kotor



Gambar 5. Logic tree analysis kopling selip



Gambar 6. Logic tree analysis pelat kopling aus



Gambar 7. Logic tree analysis filter oli kotor

Kegagalan yang disebabkan oleh plat kopling aus dan filter oli kotor juga masuk ke dalam *evident failure*. Kegagalan tersebut juga mengakibatkan banyaknya fungsi yang hilang. Gambar 6 menunjukkan *logic tree analysis* dari plat kopling aus dan Gambar 7 adalah *logic tree analysis* dari filter oli kotor.

Kegagalan yang disebabkan oleh filter oli kotor masuk ke dalam *evident failure*. Kegagalan ini juga mengakibatkan banyaknya fungsi yang hilang. Kopling slip, plat kopling aus, dan filter oli kotor merupakan konsekuensi keamanan (*safety consequences*) yang membutuhkan kinerja pemeliharaan terencana yang baik untuk mengurangi resiko kegagalan yang mungkin terjadi pada saat kendaraan sedang beroperasi.

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan *logic tree*, dapat diketahui bahwa untuk tiap-tiap kegagalan memerlukan tindakan penjadwalan terencana (*time directed task*).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem dengan frekuensi kegagalan terbesar pada kendaraan bus APTB PPD adalah sistem bahan bakar untuk mesin sering mati, sistem pemindah tenaga untuk akselerasi kendaraan lemah dan tuas transmisi sulit dipindahkan, serta sistem pelumas untuk suara mesin kasar.
2. Hasil analisis penyebab terjadinya kegagalan diperoleh hasil sebagai berikut :
 - a. Mesin sering mati terjadi karena filter solar kotor, hal ini disebabkan oleh umur pakai dari filter solar telah melampaui batas pemakaian.
 - b. Akselerasi kendaraan lemah terjadi karena plat kopling aus, hal ini disebabkan oleh pengoperasian kopling yang salah karena operator kendaraan kurang berpengalaman. Penggunaan oli yang tidak tepat dan umur pakai melebihi batas pemakaian juga menjadi faktor penyebab plat kopling aus.
 - c. Tuas transmisi sulit dipindahkan menandakan bahwa kopling slip. Kopling slip ini dapat disebabkan oleh plat kopling aus, oli terlalu encer, dan oli terlalu lama digunakan.
 - d. Suara mesin kasar disebabkan oleh aliran oli ke mesin tersendat karena filter oli kotor akibat oli tersebut telah lama digunakan.
3. Dari hasil analisis *logic tree* diperoleh hasil bahwa :
 - a. Filter solar kotor merupakan jenis kegagalan tersembunyi (*hidden failure*) karena penyebab mesin sering mati tidak hanya disebabkan oleh filter solar saja tetapi bisa juga oleh komponen yang lain, dan pada kendaraan bus tidak ada penunjuk pasti yang menggambarkan kegagalan ini disebabkan oleh filter solar. Untuk penggantian filter solar lebih baik dijadwalkan berdasarkan waktu dalam hal ini adalah kilometer kendaraan beroperasi.
 - b. Plat kopling aus dan kopling slip masuk ke dalam jenis kegagalan yang diketahui (*evident failure*) karena tanda terjadinya kegagalan yang menyebabkan akselerasi kendaraan lemah dapat diketahui secara pasti oleh operator (supir bus), jadwal pemeliharaannya dilakukan berdasarkan waktu atau kilometer kendaraan beroperasi.
 - c. Filter oli kotor masuk ke dalam jenis kegagalan yang diketahui (*evident failure*) karena tanda terjadinya kegagalan yang menyebabkan suara mesin kasar dapat diketahui secara pasti oleh operator (supir bus), jadwal pemeliharaannya juga dilakukan berdasarkan waktu atau kilometer kendaraan beroperasi.

Daftar Pustaka

- Chalifoux, A. & Baird, J. 1999. *Reliability Centered Maintenance Guide: Operating A More Effective Maintenance Program*. Pennsylvania: Diane Publishing Company.

- Corder, A. 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. (Diterjemahkan oleh Kusnul Hadi). Jakarta: Erlangga .
- Hartono, G.; Dewi, S. 2003. “Analisis Penerapan Total Preventive Maintenance Untuk Meningkatkan Availability dan Reliability Pada Mesin Injeksi Melalui Minimasi Downtime”. *Jurnal Teknik INASEA*. Vol. 4 (1), Apr 2003, pp. 1-8.
- Iriani, Y.; Rahmadi, E.S. 2011. *Usulan Waktu Perawatan Berdasarkan Keandalan Suku Cadang Kritis Bus di Perum Damri Bandung*. Proceedings 6th National Industrial Engineering Conference (NIEC-6). Surabaya, 20 Oktober 2011.
- Moubray, J. 1997. *Reliability Centered Maintenance*. 2nd Edition. New York: Industrial Press Inc.
- Nasution, A.H. 2006. *Manajemen Industri*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Perum PPD. 2002. *Profil Perusahaan Perum PPD*, Jakarta: PPD.
- Smith, A.M.; Hinchcliffe, G.R. 2004. *RCM: Gateway to World Class Maintenance*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Soesetyo, I.; Bendatu, L.Y. 2014. “Penjadwalan predictive maintenance dan biaya perawatan mesin pellet di PT Charoen Pokphand Indonesia – Sepanjang”. *Jurnal Titra*. Vol. 2 (2), Jun 2014, pp. 147-154.