

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Analisis Pengaruh Kegagalan Sistem Pendingin Genset
Caterpillar 3500 Series****Pamuji Agustiar Ma'sudi^{1*}, Wisnu Pracoyo^{2**}, Firmansyah Azharul^{3***}, Wilarso^{4****}**^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, STT Muhammadiyah Cileungsi, Telp. 021-82495502

*agustiarpamuji@sttmcileungsi.ac.id, **wisnu.pracoyo@sttmcileungsi.ac.id,

firmansyah.azharul@sttmcileungsi.ac.id, * wilarso@sttmcileungsi.ac.id

ABSTRAK

When the generator set is operating it is often overheated, the load does not match the capacity of the power expended. An early indication of a high cooling system temperature and this affects the reliability of the generator set that is operating. Overheating can be the initial cause of damage to engine components and can cause fatalities. To find out the root cause of damage to overheating in the cooling system must be analyzed. The damage analysis method is to know the generator set operating system and ensure the loading conditions and temperature measurements on the radiator. The main cause of overheating is lack of radiator water, where the lack of water is caused by leakage on the radiator cap, radiator core, dead-end radiator tube, radiator blocking, water leakage from the water pump, leakage from the pipe or radiator hose. To minimize damage to the steps that must be done is, to recondition the radiator in case of damage to the core, radiator tube, and if there is a water leak from the water pump then what must be done is repair or replacement of the water pump. While damage to the pipe or hose must be replaced and if the radiator water is contaminated with oil, flushing of the radiator water must be carried out, doing regular cleaning of the radiator core. From the analysis and some cooling system maintenance actions, to minimize the occurrence of overheating periodic maintenance must be done.

Keywords: Radiator, Core Radiator, Overheating**PENDAHULUAN**

Di dalam engine saat terjadi proses pembakaran akan menghasilkan panas dan panas tersebut akan di serap oleh sistem pendinginan yang ada jaket water. Panas dari hasil pembakaran ini di dalam ruang bakar dapat mencapai 3500°F atau 1927°C, dan kurang lebih 33% bagian dari panas ini digunakan untuk menggerakkan *engine*, 30% bagian hilang terbawa oleh gas buang atau *exhaust* yang keluar dari *engine* dan 30% bagian lagi diserap oleh *cooling system* dan 7% dipancarkan langsung ke udara di sekitar *engine* (radiasi dengan udara sekitar). Prinsip kerja sistem pendingin pada engine untuk mensirkulasikan cairan pendingin keseluruhan bagian engine untuk menyerap panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran, putaran engine dan gesekan komponen dengan memanfaatkan perpindahan panas. Jika engine mengalami *overheating*, maka kinerjanya pun akan terganggu dan akibatnya *engine* akan mengalami *low power*, usia *engine* akan lebih pendek, *engine* akan mudah rusak dan *fuel consumption* (konsumsi bahan bakar) akan lebih banyak atau boros.

Dalam sistem pendingin pada engine untuk menjaga suhu engine tetap di temperatur kerja, sehingga kinerja engine itu sendiri akan optimal dan efisiensi. Jika sistem ini tidak bekerja sesuai dengan fungsinya, maka akan terjadi kerusakan yang berat. Panas selalu bergerak dari sumber panas ke sasaran yang suhunya lebih rendah. Sumber panas dan sasaran ini dapat berupa besi, cairan, ataupun udara. Intinya terletak pada perbedaan suhu relatif diantara keduanya. Semakin besar perbedaan suhunya maka semakin besar pula panas yang dipindahkan. Setiap komponen

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

cooling system memegang peranan penting dalam hal ini. Diesel engine memiliki beberapa sumber panas yang membutuhkan pendinginan, diantaranya adalah cylinder block dan cylinder head yang sangat dekat dengan ruang pembakaran. Exhaust manifold, turbine dan center housing pada turbocharger perlu didinginkan seperti pada aplikasi marine. Kebanyakan diesel engine memiliki cooler untuk membuang panas yang berlebihan dari lube oil dan aftercooler sehingga cooler dapat dikatakan juga sumber panas bagi cooling sistem.

Dari water pump, coolant mengalir menuju oil cooler. Oil cooler terdiri dari seperangkat tube (pipa). Coolant mengalir melalui bagian dalam tube tersebut dan menyerap panas dari oil engine yang menyelubungi tube atau dengan kata lain oil engine berada di sekeliling tube. Coolant menyerap panas dari oil pelumas untuk menjaga suhu oil agar kekentalan atau viscositas-nya tetap stabil.



Gambar 1. Sistem pendinginan oli cooler

Coolant yang berada di aftercooler untuk menyerap panas udara yang di hisap oleh compressor wheel, agar udara yang akan di salurkan ke sistem pembakaran menjadi padat yang dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Sistem pendinginan udara

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Seringkali cap radiator dianggap komponen yang kurang berguna pada sistem pendingin, namun sebenarnya komponen ini mempunyai fungsi yang sangat penting. Cap radiator mempunyai *relief valve* yang menjaga tekanan di dalam *cooling system* selalu lebih besar dari tekanan atmosphere, pada gambar dibawah ini cap radiator mempunyai fungsi Supaya aman beroperasi pada daerah ketinggian. *Cooling system* aman beroperasi pada temperature di atas temperature titik didih air yang normal. Dengan adanya cap radiator maka coolant tidak akan mendidih dan adanya tekanan pada cooling system maka gelembung udara yang dapat menyebabkan kavitasi relatif berkurang.



Gambar 3. Cap Radiator.

Beberapa engine menggunakan vee belt untuk menggerakkan fan radiator, jika ketegangan vee belt kendor, maka kecepatan putaran fan akan menurun. Hal ini menyebabkan aliran udara yang melewati radiator akan berkurang dan menurunkan kemampuan sistem pendinginan secara keseluruhan.



Gambar 4. Vee belt Fan Radiator.

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Overheating merupakan suatu kondisi dimana temperatur mesin kendaraan melebihi batas normal, kondisi ini dapat diketahui melalui indikator temperatur. Sebagian pemilik kendaraan sering kali mengabaikan fungsi indikator temperatur sehingga tidak mempedulikan seberapa tinggi suhu kendaraan. Hal tersebut dikarenakan pemilik kendaraan tidak tahu temperatur mobil tersebut normal atau tidak. Menjaga temperatur kendaraan tetap normal merupakan hal yang penting, bahkan dapat terjadi kerusakan fatal pada komponen mesin jika kendaraan sampai mengalami *overhating*. Karena itu sistem ini dibuat untuk menangani masalah *overheating* kendaraan bersistem pendingin air dengan mencari penyebab dan solusinya. Wawancara pada ahli mesin, ahli radiator dan ahli kelistrikan mobil dilakukan untuk mendapatkan data yang tepat dan akurat mengenai permasalahan *overheating*. Dari data yang diperoleh maka dibuat sebuah sistem yang dapat digunakan untuk mencari penyebab dan solusi menangani *overheating* menggunakan metode *backward elimination* dan *certainly factor*. Sistem pakar ini memiliki akurasi penentuan masalah hingga 90% [1]

Kerusakan mesin bulldozer akan mempengaruhi kinerja alat tersebut, dan untuk mengetahui peningkatan PA (physical availability), akar penyebab dari mesin yang mengalami overheat terjadi karena menurunnya performa fan motor. Komponen ini harus segera diperbaiki, agar meningkatkan produksi. Dan untuk meningkatkan physical availability agar di lakukan analisa lebih lanjut terhadap fan motor [2].

Mesin alat berat dewasa ini menuntut lebih banyak dari pendingin daripada sebelumnya dan alasannya adalah laju gas resirkulasi gas buang yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak panas, meningkatkan tekanan pada kemampuan kinerja pendingin. Sistem Pendinginan memainkan peran penting untuk mengontrol suhu mesin. Terlalu panas mesin biasanya terjadi karena sistem pendinginan yang tidak efisien dan kegagalan pendinginan komponen sistem mengakibatkan panas mesin yang berlebihan. Makalah ini menyajikan analisis yang dilakukan untuk mengetahui penyebab *overheating* mesin alat berat. Faktor - faktor yang sering mempengaruhi suhu mesin ditemukan menjadi pendingin, radiator, kipas dan pompa air. Faktor-faktor yang disebutkan ditemukan dengan menggunakan teknik analisis pareto, survei juga dilakukan pada berbagai truk tugas berat untuk kemungkinan penyebabnya. Diagram sebab dan akibat disajikan untuk memiliki gagasan yang jelas tentang penyebab dan sub penyebabnya dan analisis termal radiator dilakukan menggunakan perangkat lunak Ansy[3].

METODE

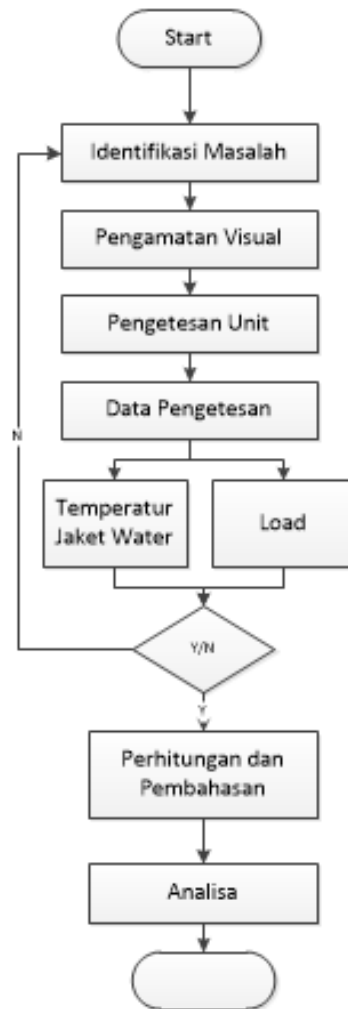
Menganalisa kegagalan merupakan suatu tantangan, apabila menemukan penyebab suatu masalah yang tidak diharapkan sehingga bisa memberikan rekomendasi tindakan perbaikan yang tepat. Dalam diagram alir penelitian ini terdiri dari beberapa tahap diantaranya:

- Identifikasi masalah
- Kegiatan pengumpulan informasi dan data yakni data operasi dan pemeliharaan
- Pemeriksaan visual, yakni foto kejadian dan catatan kondisi operasi tidak normal.
- Pengetesan untuk mengetahui performa unit
- Data pengetesan ini untuk analisa yang terjadi.
- Perhitungan dan Pembahasan dari hasil pengetes
- Analisa terhadap hasil pengetesan
- Kesimpulan dan saran.

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>



Gambar 5. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 6 temperatur top radiator di ukur menggunakan infrared dengan nilai 85.2 °C, temperatur ini cukup rendah dibandingkan dengan standard normal top

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Gambar 6. Temperatur Top Radiator (T1-85.2)



Gambar 7. Temperatur Bottom Radiator (T2-71.5 °C)

Dalam perhitungan perpindahan panas konveksi tidak akan terjadi dalam medium padat seperti logam, dan sering dijumpai dalam medium fluida (seperti zat cair dan gas). Secara umum menggunakan rumus : $Q = M \cdot C_p \cdot \Delta T (T1 - T2)$ dimana:

- Q : Besarnya energi panas yang di buang (lepas) (kJ)
- M : Massa benda yang menerima (melepas) panas (Kg)
- Cp : Specific heat untuk air (water) (kJ/Kg/ °C)
- Δt : Perbedaan temperatur pada saat perpindahan panas (T1-T2) (°C)
- T1 : Temperature In
- T2 : Temperature Out

Dari data yang didapat dalam observasi dilapangan terhadap analisa pengaruh kegagalan sistem pendingin genset caterpillar 3500 series.

- Vair : 278,4 l
- TIn : 85,2 °C
- TOut : 71,3 °C
- ΔT : 13,9 °C

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

$$C_p : 4180 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$$

$$: 4,18 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$$

Untuk menentukan perpindahan panas, didapat dengan rumus.

$$= 278,4 \text{ l}, 278,4 \text{ dm}^3 = 278,4 \text{ Kg}$$

- $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- $m = \rho \cdot v$
- $V = 1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = \frac{1}{1000} \text{ m}^3$
- $m = 1000 \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1}{1000} \text{ m}^3$
- $m = 1 \text{ kg}$

$$V = 278,4 \text{ l} = 278,4 \text{ dm}^3 = \frac{278,4}{1000} \text{ m}^3$$

$$m = 1000 \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{278,4}{1000} \text{ m}^3$$

$$m = 278,4 \text{ kg}$$

$$Q = M \cdot C_p \cdot \Delta T (T_1 - T_2)$$

$$Q = 278,4 \text{ Kg} \times 4,18 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \times 13,9^\circ\text{C} = 15942,85 \text{ (Kj)}$$

Dari hasil perhitungan diatas dilakukan sesuai dengan jumlah air yang berkapasitas 278,4 liter didalam radiator mampu melepas panas sebesar 15942,85 kJ.

Untuk mengetahui laju perpindahan panas pada coolant radiator, secara umum mengikuti persamaan 4, yaitu : $Q : h \cdot A \cdot \Delta T (T_1 - T_2)$, dimana:

- Q : Laju perpindaha panas (Watt)
- h : Koefisien perpindahan panas konveksi (W.m.C)
- A : Luas permukaan perpindahan panas (m2)
- ΔT : Perbedaan temperature pada saat perpindahan panas ($^\circ\text{C}$)

Yaitu dengan data berikut dan jika core berbentuk bulat :

- T1 : 85,2 $^\circ\text{C}$
- T2 : 71,3 $^\circ\text{C}$
- ΔT : 13,9 $^\circ\text{C}$
- NT : Jumlah tube Radiator



Gambar 8. Diamater Tubing

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Dalam observasi di dapat dalam perhitungan perpindahan panas, sebagai berikut:

- p : 10 mm \rightarrow 0,01 m
 l : 2,85 mm \rightarrow 0,00285 m
 h : W/m $^{\circ}$ C
 ΔT : (T1 - T2) = 85,2 $^{\circ}$ C - 71,3 $^{\circ}$ C = 13,9 $^{\circ}$ C
 NT : 820 Tube
 X : Ketebalan material
 X : 0,8 mm = 0,0008 m
 K : Konduktivitas thermal jenis Tembaga.

Tabel 1. Konduktiviti Panas[4]

Thermal Conductivity		
Material	Thermal conductivity (cal/sec)/(cm ² C/cm)	Thermal conductivity (W/m K)*
Diamond	...	1000
Silver	1.01	406.0
Copper	0.99	385.0
Gold	...	314
Brass	...	109.0
Aluminum	0.50	205.0
Iron	0.163	79.5
Steel	...	50.2
Lead	0.083	34.7
Mercury	...	8.3
Ice	0.005	1.6
Glass, ordinary	0.0025	0.8
Concrete	0.002	0.8
Water at 20 $^{\circ}$ C	0.0014	0.6
Asbestos	0.0004	0.08
Snow (dry)	0.00026	...
Fiberglass	0.00015	0.04
Brick, insulating	...	0.15
Brick, red	...	0.6
Cork board	0.00011	0.04
Wool felt	0.0001	0.04
Rock wool	...	0.04
Polystyrene (styrofoam)	...	0.033
Polyurethane	...	0.02
Wood	0.0001	0.12-0.04

Published September 2019

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

◆—————▶

Dalam perhitungan tersebut didapat dengan nilai sebagai berikut:

$$A : p \times l$$

$$: 0,01 \text{ m} \times 0,00285 \text{ m}$$

$$: 0,0000285 \text{ m}^2$$

$$A : 0,0000285 \text{ m}^2 \times 820$$

$$: 0,02337 \text{ m}^2$$

$$Q : h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$h = \frac{K}{X} \times A \times \Delta T$$

$$h = \frac{385}{0,0008} = 481,250 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$Q = 481,250 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / 0,02337 \text{ m}^2 \cdot 13,9^\circ\text{C}$$

$$Q = 156330,69 \text{ W}$$

$$Q = 156,33 \text{ W}$$

Dengan demikian laju perpindahan panas konveksi yang dihasilkan oleh radiator sebesar 156,33 kW.

SIMPULAN

Kegagalan pada sistem pendingin mengakibatkan engine mengalami *over heating* dan menurunkan *performance* operasional tidak maksimal dan menurunnya Mechanical Availability (MA) unit. Terjadinya kerusakan pada komponen cooling system dan menurunnya umur komponen dan harus melakukan penggantian komponen, menyebabkan naiknya biaya perawatan yang tidak terencana (*unschedule repair*). Terjadi *down time unit* yang akan berakibat pada *penalty* ketidakmampuan *supply* daya (*power*) kepada customer. Mempengaruhi image perusahaan di mata customer karena pelayanan kita tidak bisa memenuhi kepuasan pelanggan (*customer first*). Kapasitas atau volume coolant radiator harus memenuhi standar minimal = volume coolant dalam engine.

SARAN

Untuk meminimalkan kerusakan unit yang disebabkan oleh overheating, sebelum mengoperasikan genset harus dilakukan pengecekan sesuai dengan cek list dari manufaktur. Dan jika di fasilitas radiator mempunyai fasilitas water level, agar di pasang sensor water level di radiator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. Sandrayanto and K. F. Mauladi, "Sistem Pakar Diagnosa Overheating Pada Kendaraan Bersistem Pendingin Air (Liquid Cooling System)," *J. Tek.*, vol. 9, no. 1, p. 6, 2017.
- [2] H. Purwono, "ANALISA ENGINE OVERHEAT PADA UNIT KOMATSU BULLDOZER," no. November 2017, pp. 1–2, 1846.
- [3] S. Muthukumarasamy, R. Dinesh, and K. D. Kumar, "Analysing the Causes of Overheating of Heavy Duty Truck Engines and Heat Flux of Radiator Using Pareto Principle Ansys Software," vol. 118, no. 20, pp. 4955–4963, 2018.
- [4] "212-1044-1-PB.pdf." .