

---

# ANALISIS KERUSAKAN KOMPONEN COOLING SYSTEM PADA ENGINE 3512 CATERPILLAR

Rudi Marno Setiawan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al-Banjari

Banjarmasin

Email : [rudi.msetiawan@gmail.com](mailto:rudi.msetiawan@gmail.com)

## Abstrak

Teknologi Engine Diesel telah sangat banyak membantu kemudahan dalam aktivitas dunia Industri, salah satu fungsi utamanya yaitu sebagai pembangkit daya dalam proses Industri. Engine 3152 Jenis Pembangkit daya yang di produksi oleh Catterpillar menjadi objek dalam penelitian ini. Metode yang di gunakan yaitu analisis pada saat perawatan berkala pada 1 unit pembangkit yang di gunakan untuk proses pengeboran minyak Pertamina. Kerusakan pada komponen cooling system sangat mempengaruhi sistem sirkulasi coolant pada cooling system yang dapat mengakibatkan kerusakan pada engine. Akibat besarnya perpindahan panas yang terjadi dengan hasil perhitungan ; Luas permukaan torak = 0.001067 m<sup>2</sup>. Laju aliran massa bahan bakar ke dalam satu silinder 0,00109 kg/s Perkiraan laju pertukaran kalor = 54,32 kW/m<sup>2</sup> dengan angka Nussel pada = 28,44 W/m<sup>2</sup>-K

**Kata Kunci :** Motor Diesel, Sistem pendinginan, perubahan kalor

## *Abstract*

*Diesel Engine Technology has greatly helped ease the activities of the Industrial world, one of its main functions is as a power generator in the Industrial process. Engine G 3152 The type of power plant produced by Catterpillar is the object of this research. The method used is analysis during periodic maintenance on 1 unit of power plant used for Pertamina's oil Company process. Damage to the cooling system components greatly affects the coolant circulation system in the cooling system which can cause damage to the engine. As a result of the amount of heat transfer that occurs with the calculation results; The surface area of the piston = 0.001067 m<sup>2</sup>. Mass flow rate of fuel into one cylinder 0.00109 kg/s Estimated heat exchange rate = 54.32 kW/m<sup>2</sup> with Nussel number at = 28.44 W/m<sup>2</sup>-K*

**Key Words :** Motor Diesel, Cooling System, Heat Exchange

---

## PENDAHULUAN

Cooling System merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengatur temperatur kerja di dalam sistem agar tetap konstan 70°C-90°C dan mencegah terjadinya over heating pada engine. Adapun prinsip dari cooling system yaitu mensirkulasikan air pendingin ke seluruh bagian engine untuk menyerap panas yang dihasilkan oleh pembakaran dan komponen yang saling bergesekan. Dengan memanfaatkan prinsip perpindahan panas. Panas selalu bergerak dari sumber panas ke sasaran yang suhunya lebih rendah.

Kerja sebuah diesel engine sangat dipengaruhi oleh sistem pendingin, pembakaran yang terjadi di dalam engine akan menghasilkan panas. Sistem pendingin bertugas sebagai penyerap dan pembuang panas berlebihan dari pembakaran dan komponen-komponen mesin yang saling bergesekan. Dari ke lima sistem engine, sistem pendingin merupakan faktor yang cukup besar yang dapat mempengaruhi usia pakai pada mesin. Sistem pendingin menjaga temperature mesin pada nilai temoerature yang sesuai dengan kebutuhan mesin. Sistem pendingin juga bertanggung jawab untuk mempertahankan suhu engine saat beroperasi. Panas hasil pembakaran tidak semuanya terkonversi menjadi energi, sebagian terbuang melalui saluran pembuangan dan sebagian terserap oleh material disekitar ruang bakar.

Sistem pendingin pada mesin diesel membutuhkan perawatan yang tepat agar mesin bekerja dengan efisien pada temperature kerja yang dibutuhkan secara terus menerus selama mesin sedang bekerja yang termasuk didalamnya kegiatan pembakaran bahan bakar pada mesin. Kondisi temperature pada mesin bisa mengakibatkan kerusakan bila tidak tercapai secara efisien pada saat mesin mulai bekerja. Diantaranya adalah saat mesin bekerja pada

temperature yang belum mencapai nilai yang dibutuhkan saat bekerja bisa mempercepat kerusakan pada komponen mesin dan apabila panas mencapai temperature berlebih bisa membuat mesin mengalami gangguan overheat.

Sistem pendingin tidak hanya berfungsi untuk melindungi komponen engine tetapi juga menjaga kondisi oli yang dipakai pada sistem pelumasan bisa tetap pada kondisi temperatur kerja sehingga pelumasan terhadap komponen-komponen mesin tetap terjaga.

Ada dua jenis sistem pendingin yaitu sistem pendingin dengan cara melepaskan panas pada mesin ke udara, tipe ini disebut pendinginan langsung (air cooling), dan yang menggunakan media fluida sebagai perantara disebut sistem pendinginan air (*water cooling*).

Dalam sistem Media Udara panas engine langsung dilepaskan. Engine dengan sistem pendingin udara memiliki sirip atau jalur udara (air line) yang akan mempercepat pelepasan panas mesin. Sebagian dilengkapi dengan kipas untuk mengalirkan udara melalui sirip pendingin yang berada diluar cylinder dan ruang bakar dan ada juga yang tidak.

Sirip pendingin yang dipasang dibagian luar ruang bakar karena memiliki temperature yang lebih tinggi dari pada cylinder. Maka sirip di bagian ruang bakar dibuat lebih panjang di banding sirip di bagian cylinder. Agar temperature di sekitar sirip tetap rendah sehingga penyerapan panas tetap berlangsung secara sempurna.

Sistem pendingin jenis media cair ini yaitu sistem pendingin yang menggunakan media cairan (liquid) sebagai penyerap panas dari ruang bakar pada engine, jenis sistem pendingin ini banyak digunakan pada diesel engine, berbeda dengan sistem pendingin udara yang banyak digunakan pada mesin-mesin kecil. Pada sistem pendingin jenis ini menggunakan komponen-komponen seperti radiator, water pump, kipas pendingin, thermostat, dan lain-lain.

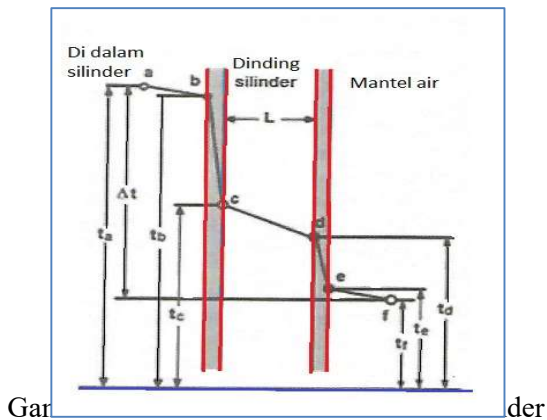
Air adalah media pendingin yang baik karena air dapat mengambil 1 kkal pada tiap kg dan tiap derajat celcius. Sedangkan volume dari 1 kg air hanya 1 dm<sup>3</sup>.

Caterpillar engine menggunakan tiga tipe colling system yang menggunakan media cairan

Adapun Tujuan penulisan pada Tugas Akhir ini yang ingin di capai adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui kerusakan pada water pump,
2. Dapat mengetahui penyebab serta solusi untuk perawatan engine 3512 Caterpillar.

Di dalam menganalisa sistem pendingin pada penelitian ini, naka penulis akan menggunakan beberapa tahap, pada tahap pertama di lakukan analisa melalui perpindahan kalor yang terjadi pada silinder, dimana silinder ini merupakan sumber panas dan energi pada suatu engine



Dalam skema di atas di jelaskan aliran kalor dari gas pembakaran ke fluida pendinginan yang di pisahkan oleh dinding slinder. Temperatur gas  $t_a$  di titik a (di bagian dalam silinder) secara berangsur-angsur turun ke  $t_b$  pada permukaan lapisan gas bagian dalam dan turun lagi ke  $t_c$  pada lapisan gas keluar yang kontak dengan dinding silinder. Karena adanya beda temperatur ( $t_b - t_c$ ), terjadi penpindahan kalor

(Liquid). Berdasarkan kepada aplikasi masing-masing engine, yaitu :

- 1) Tipe Konvensional
- 2) Tipe keel Coller
- 3) Tipe Heat Exchanger

### METODE PENELITIAN

secara konduksi antara lapisan gas terdalam dan terluar. Hanbatan lapisan gas ini sangat besar . Beda temperatur yang di dibutuhkan untuk menghasilkan aliran kalor melalui dinding silinder dan lapisan terluar yang kontak dengan fluida masing-masing adalah ( $t_c - t_b$ ) dan ( $t_d - t_c$ ), Nilai ini secara komparatif kecil jika fluida pendinginnya air, dan besar jika fluida nya udara. Akhirnya temperature turun menjadi  $t_f$  pada fluida pendingin.asil

Dari data pengukuran **ENGINE 3152 CATERPILLAR** di dapat :

Jumlah silinder 12 buah

Volumer silinder 52000 CC

Efisiensi Volumetrik 90 %

Beroperasi pada 1200 rpm

Temperatur gas di dalam ruang bakar  $T_g = 2100^\circ C$

Temperatur dinding silinder  $T_w = 190^\circ C$

Bahan bakar solar

### Menghitung luas permukaan torak

Di mulai menghitung Volume langkah  $V_L$  di mana Diameter silinder dan = langkah torak dinyakan melalui hubungan  $S = 108 B$  maka dari persamaan di dapat

$$V_L = \frac{\pi}{4} B^2 S$$

$$= \left[ \frac{3000 \text{ cm}^3}{12 \text{ Silinder}} \right] = \frac{\pi}{4} (B^2) (1.08 B)$$

$$\text{Atau } B = 36.87 \text{ cm} = 0.03687 \text{ m}$$

Luas muka torak

$$A_t = \frac{\pi}{4} B^2$$

$$= \frac{\pi}{4} (0.03687)^2$$

$$= 0.001067 \text{ m}^2$$

### Laju aliran massa ke udara

$$\dot{m}_{ud} = \eta_v \rho_{ud} V_L N / n$$

$$\dot{m}_{ud} = (0,90)(1,181 \text{ kg/m}^3) \left[ \frac{(0,05200 \text{ m}^3/\text{siklus})}{(12 \text{ silinder})} \right] \left( \frac{1200}{60} \text{ put/s} \right) / (2 \text{ put/siklus})$$

$$\dot{m}_{ud} = 0,01453 \text{ kg/s}$$

dari persamaan:

$$AF = \frac{\dot{m}_{ud}}{\dot{m}_{bb}} \text{ dan } \lambda = \frac{1}{\phi} = \frac{(FA)_{stoi}}{(FA)_{akt}} = \frac{(AF)_{akt}}{(AF)_{stoi}}$$

Memberikan laju aliran massa bahan bakar ke dalam satu silinder motor:

$$\dot{m}_{bb} = \frac{\dot{m}_{ud}}{(AF)_{akt}} = \frac{\dot{m}_{ud}}{[\lambda(AF)_{stoi}]} = \frac{(0,01453 \text{ kg/s})}{[(0,91)(14,6)]} = 0,00109 \text{ kg/s}$$

### Perhitungan Reynold Number

Untuk mendapatkan bilangan reynold digunakan persamaan (2-3). Viskositas  $\mu_g$  dan konduktivitas termal  $k_g$  dari gas (udara) pada temperatur rata-rata  $1145^\circ\text{C}$  didapatkan dari Holmann, J.P., 2002.

$$Re = \frac{[(\dot{m}_{ud} + \dot{m}_{bb})B]}{(A_t \mu_g)}$$

$$Re = \frac{[(0,001453 + 0,00109) \text{ kg/s} (0,0891 \text{ m})]}{[(0,006235 \text{ m}^2)(5,21 \times 10^{-5}) \text{ kg/m-s}]} = 4284$$

Persamaan (2.3) memberikan bilangan nusselt dan koefisien perpindahan kalor konveksi (Ferguson, C.R., 1986, menyarankan  $C_1 = 0,035$  dan  $C_2 = 0,80$ ):

$$Nu = \frac{h_g B}{k_g} = C_1 (Re)^{C_2} = \frac{h_g (0,0891 \text{ m})}{(0,090 \text{ W/m-K})} = (0,035)(4284)^{0,80} = 28,44 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

### Perkiraan Laju Pertukaran Kalor

Dari persamaan (2.1) memberikan laju perpindahan kalor konveksi pada ruang bakar pada saat tertentu ini:

$$q = h_g (T_g - T_s) = (28,44 \text{ W/m}^2\text{-K})(2373-463) \text{ K} = 54.320 \text{ W/m}^2 = 54,32 \text{ kW/m}^2$$

### Konduktivitas termal

Untuk menentukan besar nilai konduktivitas dapat di ambil dari tabel konduktivitas termal, Ir Philip Kristanto, 2005.

Tabel konduktivitas termal beberapa material

Material	Konduktivitas (W/mK) pada $27^\circ\text{C}$
Besi Tuang	58
Baja	55
Stainless Steel (18/8)	14
Aluminium	202
Paduan Aluminium Ringan	194
Tembaga	386
Kuningan (63/67)	113
Air	0.614
Udara	0.026
Karbon	3.34

Sumber : Motor bakar torak

### Kalibrasi dan Pengecekan

Jarak ruangan Impeller dan Housing



Gambar 4.1 Pengukuran jarak ruangan Impeller dan Housing )

Table 4.3 Pengukuran jarak ruangan antara Impeller dan Housing

No	Alat ukur	Spesifikasi	Aktual	Keterangan
1	Feeler Gauge	0,022 to 0,062 mm	0,081 mm	Out Spec

Dari hasil pengukuran tersebut dapat di simpulkan bahwa terjadi pergeseran Impeller, hal ini mengindikasikan terjadinya masalah pada Impeller yang mengalami keausan atau Shaft yang mengalami keausan sehingga

Impeller bergerak keluar melewati batas spesifikasi yang dianjurkan.

#### Jarak Ruangan antara Flange dan Housing



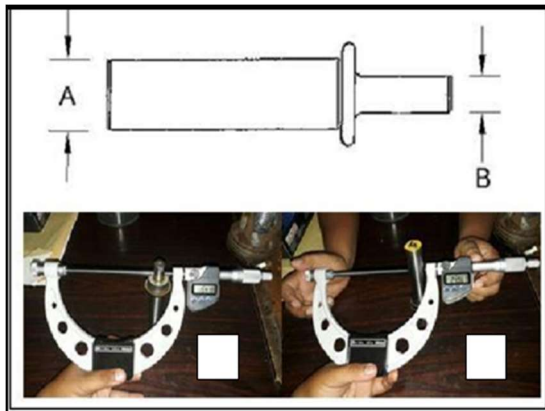
Gambar 4.2 Pengukuran Jarak Ruang Flange dan Housing

Table 4.4 Pengukuran Jarak Ruang antara Flange dan Housing

No	Alat ukur	Spesifikasi	Aktual	Keterangan
1	Feeler Gauge	0,035 to 0,065 mm	0,057 mm	In Spec

Dari hasil pengukuran tersebut dapat di simpulkan bahwa Clearance antara Flange dan Housing masi dalam keadaan baik.

#### Pengukuran Diameter Shaft



gambar 4.3 Pengukuran Diameter Shaft

Pada hasil pengukuran tersebut terjadi perbedaan kasus di mana shaft sisi Impeller Telah melewati batas spesifikasi yang

dianjurkan sedangkan Shaft sisi Flangemasi masuk spesifikasi yang dianjurkan. Hasil pengukuran shaft tersebut menjadi alasan mengapa Clearance pada Impeller dan Housing melebihi batas spesifikasi yang di anjurkan.

Table 4.5 Pengukuran Diameter Shaft

No	Alat ukur	Spesifikasi	Aktual	Keterangan
A		25.000 + 0.011 - 0.002 mm	24,992 mm	In of spec
	Digital Outside Micrometer 0.0001			
B		15.500 + 0.000 - 0.013 mm	15,479 mm	Out of spec
	Digital Outside Micrometer 0,001			

#### Aspek Ekonomis

Topik penelitian ini merupakan penerapan teknologi yang telah tersedia di pasaran bebas, sehingga sangat erat dengan aspek ekonomis yang hanya bersifat asumsi untuk dapat di sesuaikan dengan harga industry yang ada.

#### KESIMPULAN

Dari tahapan penelitian yang dilakukan, baik dari perhitungan maupun pengecekan yaitu :

1. Kerusakan pada komponen *cooling system* sangan mempengaruhi sistem sirkulasi

*coolant* pada *cooling system* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada *engine*. Akibat besarnya perpindahan panas yang terjadi dengan hasil perhitungan :

$$\text{Luas permukaan torak} = 0.001067 \text{ m}^2$$

Laju aliran massa bahan bakar ke dalam satu silinder  $0,00109 \text{ kg/s}$

$$\text{Perkiraan laju pertukaran kalor} = 54,32 \text{ kW/m}^2$$

$$\text{dengan angka Nussel pada} = 28,44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

2. Ada beberapa komponen dalam *cooling system* yang mengalami kerusakan dan keausan seperti

---

*shaft, clearance* antara *impeller* dan *housing* yang jika dibiarkan dalam jangka waktu lama akan berakibat fatal bagi *engine*.

3. Dari hasil pemeriksaan visual komponen yang mengalami kerusakan jenis korosi adalah *water pump housing* pada permukaan *blade* dan *backface* pada *impeller*.
4. Hasil pengukuran dan pengetesan komponen *cooling system* pada diameter *shaft water pump* aktual yang di dapat ialah 24,992 mm dan spesifikasinya  $25.000 + 0.011 - 0.002$  mm pada bagian *in shaft*, 15,479 mm dan spesifikasinya  $15.500 + 0.000 - 0.013$  mm pada bagian *out shaft*. shaft sisi Impeller Telah melewati batas spesifikasi yang dianjurkan sedangkan Shaft sisi Flange masi masuk spesifikasi yang dianjurkan.

#### REFERENSI

Caterpillar Inc., 2014, *Spesification*

*Thermostat*, Media Number - KENR6740-23, UnitetState of America: Caterpillar Inc.

Caterpillar Inc., 2014, *Spesification Water Pump*, Media Number -KENR6740-23, Unitet State of America: Caterpillar Inc.

Caterpillar Inc., 2012, *Know Your Cooling System*, Media Number -SEBD0518-10, Unitet State of America: Caterpillar Inc.

Caterpillar Inc., 2003, *Fundamental Diesel Engine*, Media Number NTBEM001, RevisiPT. Trakindo Utama, Training Center Cileungsi

Caterpillar Inc., 2014, *Service Letter Water Pump*, Media Number TEBE1614-00, Unitet State of America: Caterpillar Inc.

*Guideline for Reusable Parts and Salvage Operation* untuk *water pump*, MediaNumber SEBF8058-03

Buku ajar *Applied Failure Analysis*, (2014) Cileungsi Training Center PT. TrakindoUtama, Jakarta