

ANALISA PENYEBAB KERUSAKAN KOMPONEN *HEAT EXCHANGER* PADA SISTEM PENDINGIN *ENGINE MARINE 3306 CATERPILLAR*

*Faisyal*¹⁾, *Darma Aviva*²⁾, *Mustafa*³⁾

^{1),2)} *Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin dan Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Samarinda
Email : faisyalumar@gmail.com*

Abstrak . Proses perpindahan kalor pada dunia otomotif pada saat ini, merupakan proses kunci kerja dalam suatu engine, karena semua engine bekerja dalam temperatur yang cukup tinggi. Salah satu alat penukar kalor (*Heat Exchanger*), yang digunakan untuk mempertukarkan kalor antara fluida kerja yang berbeda temperturnya. Oleh karena itulah penggunaan *Heat Exchanger* perlu diperhatikan kinerjanya. Dimana semua itu tidak lepas dari kerja komponen yang ada didalamnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kerusakan komponen dari Sistem Pendingin Engine Marine 3306 Caterpillar. Penelitian ini menggunakan sistem kualitatif dimana komponen yang mengalami kerusakan langsung dianalisa, apa penyebabnya berdasarkan literature yang ada , dan apakah komponen tersebut masih dapat digunakan atau tidak. Dari hasil penelitian diperoleh *Physical damage* yang terjadi pada komponen tube bundle heat exchanger terdapat pada tubes yang berada di sisi luar tube bundle dan pada dua tubes yang berdekatan. Hasilnya adalah tube tersebut tidak dapat di gunakan kembali, karena akan mempengaruhi flow fluida, penyerapan panas dan dapat terjadi kebocoran di kemudian hari. *Corrosion* yang terjadi pada komponen shell/expansion tank heat exchanger disebabkan karena penggunaan coolant yang tidak tepat dan tidak melakukan perawatan pada cooling system sesuai dengan service manual. Hasilnya adalah shell/expansion tank tersebut tidak dapat di gunakan kembali. Kebocoran yang terjadi pada bonnet heat exchanger disebabkan karena kerusakan seal o-ring yang mengalami perubahan struktur karena melewati usia pemakaian.

Kata kunci: *Heat Exchanger, pendingin, Engine Marine*

1 Pendahuluan

Perkembangan transportasi air sangatlah pesat. Terlebih lagi bumi yang didominasi oleh area perairan. Setiap kapal (*marine*) yang berlayar tentulah harus didukung dengan kemampuan dan tenaga yang terbaik. *Engine* pada kapal memiliki peran yang sangat sentral untuk menjaga agar kapal dapat berlayar dengan baik. *Power* dari *engine* haruslah selalu dijaga dengan memastikan semua sistem pada *engine* dapat bekerja dengan baik termasuk sistem pendingin.

Engine yang beroperasi akan menghasilkan panas. Fungsi utama dari sistem pendingin ialah untuk mentransfer panas dari dalam *engine* ke luar *engine*. Sistem ini dirancang untuk memindahkan panas dari *engine* dan mempertahankan *engine* pada temperatur operasinya yang paling efisien atau mencegah *overheating*, maka dirancanglah system pendinginan yang sesuai untuk kapal.

Alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menukarkan energi dalam bentuk panas antara fluida yang berbeda temperatur yang dapat terjadi melalui kontak langsung maupun secara kontak tidak langsung. Fluida yang bertukar energi dapat berupa fluida yang sama fasenya (cair ke cair atau gas ke gas) atau dua fluida yang berbeda fasenya.

Heat exchanger sangat berpengaruh dalam sistem pendingin terhadap keberhasilan keseluruhan rangkaian proses, karena kegagalan operasi alat ini baik akibat kegagalan mekanikal maupun opsional dapat menyebabkan berhentinya operasi unit/*engine*. Maka suatu alat penukar kalor (*Heat exchanger*) dituntut untuk memiliki kinerja yang baik agar dapat diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap suatu operasional unit.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah apa saja yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan komponen *Heat Exchanger* pada *engine marine 3306 caterpillar* menitik beratkan masalah sebagai berikut :

- a) Melakukan pemeriksaan visual dan pengukuran pada komponen *heat exchanger engine marine 3306 caterpillar*.
- b) Membahas cara kerja, perawatan, penyebab dan akibat terjadinya kerusakan pada komponen *heat exchanger engine marine 3306 caterpillar*.

Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sistem kerja dari sistem pendingin *engine marine 3306 Caterpillar*.
2. Mengetahui sistem kerja *heat exchanger engine marine 3306 Caterpillar*.
3. Untuk mengetahui apakah *heat exchanger* aman untuk dipergunakan kembali.
4. Mengetahui perawatan dan *troubleshooting heat exchanger engine marine 3306 Caterpillar*.

Metode Penelitian

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan dimulai dengan persiapan awal dengan cara melakukan melepaskan *Heat Exchanger* dari unit engine. Kemudian melakukan pembersihan , setelah itu tahap pembongkaran komponen . Setelah itu dilakukan pengukuran, pengamatan visual dan pengujian pressure . Apakah semua komponen masih dalam standar pabrik atau tidak. Jika tidak sesuai dengan standar yang ada, peneliti melakukan analisa berdasarkan literature. Hasilnya adalah apakah komponen tersebut masih dapat digunakan atau tidak.

Tinjauan Pustaka

Cooling system berfungsi sebagai penyerap dan pembuang panas berlebihan yang dihasilkan oleh pembakaran dan komponen-komponen *engine*. *Diesel engine* sangat tergantung pada *cooling system* untuk mencapai kemampuan maksimum. Dari ke lima *system engine, cooling system* merupakan faktor terbesar yang dapat mempengaruhi usia pakai *engine*.

Apabila *engine* beroperasi tanpa *cooling system* atau aliran cairan pendingin (*coolant*) pada *engine* terhenti walaupun hanya dalam waktu yang singkat, akan beresiko besar terhadap kerusakan *engine* yang signifikan.

Kebanyakan orang berasumsi bahwa system pelumasan merupakan system yang paling banyak menyebabkan kerusakan *engine*, tapi kenyataannya penyebab terbesar kerusakan *engine* adalah *cooling system* yang tidak bekerja dengan baik. *Engine* yang beroperasi dengan temperature *cooling system* terlalu dingin menyebabkan pelumasan yang tidak sempurna karena oli tidak mengalir dan melindungi permukaan logam dengan baik, begitu juga jika engine terlalu panas.

Pendinginan engine tergantung kepada prinsip konduksi, konveksi dan radiasi panas untuk menjaga engine tetap beroperasi pada temperature operasi. Cairan pendingin (*Coolant*) menerima panas konduksi dari komponen logam engine seperti silinder block, silinder head dan lain-lain. Cairan pendingin (*Coolant*) kemudian dipompakan oleh water pump dari engine ke radiator. Pada radiator, energi panas dipindahkan secara konveksi ke udara yang ditiupkan oleh kipas melewati sirip (fin) radiator. Panas yang timbul pada komponen-komponen engine juga diradiasikan ke udara sekeliling.

Cooling system tipe ini paling banyak dijumpai pada engine genset, captive dan industrial. Pada saat engine beroperasi, *coolant* dipompakan oleh water pump melewati oil cooler menuju engine block. Dari cylinder block *coolant* mengalir menuju cylinder head dan kemudian ke water temperature regulator housing.

Pada saat engine belum mencapai temperatur pembukaan water temperature regulator, maka *coolant* akan dibypass kembali ke water pump. Hal ini dimaksudkan supaya engine dapat dengan cepat mencapai temperature operasi. Pada saat temperatur engine sudah mencapai temperature pembukaan water temperature regulator, maka water temperature regulator akan bermodulasi dalam posisi membuka dan menutup untuk membagi *coolant* yang akan mengalir melalui bypass atau radiator. Pada saat temperature sudah mencapai pembukaan maksimum water temperature regulator, seluruh

coolant akan mengalir melalui radiator. Setelah mengalir melewati radiator, temperature cairan pendingin turun dan cairan pendingin terhisap oleh water pump melalui bagian bawah radiator. Pada engine yang sering berakselerasi , terdapat pipa bypass dari bagian atas radiator ke saluran masuk water pump atau disebut juga shunt line yang berguna menghindari kavitasi. Pada saat akselerasi, kecepatan pompa akan naik dengan tiba-tiba dan tentunya membutuhkan cairan pendingin yang banyak untuk dihisap, sementara supply yang diberikan oleh radiator relatif sedikit. Dengan adanya shunt line, maka cairan pendingin yang berada dibagian atas radiator akan mengalir menuju saluran hisap pompa.

2 Pembahasan

Pembahasan ini berujuk pada pemeriksaan secara pengukuran, visual, dan pengukuran yang dilakukan terhadap komponen *heat exchanger* yang berpedoman pada SIS (*Service Information System*). Pedoman tersebut dapat digunakan sebagai referensi dalam pemeriksaan secara visual maupun pengukuran dari beberapa komponen *heat exchanger* yang dapat menjadi acuan apakah komponen dapat digunakan kembali ataupun tidak dapat digunakan kembali.

Adapun beberapa kegiatan analisa pada *heat exchanger* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melepas komponen *heat exchanger* dari engine
2. Membongkar komponen *heat exchanger*
3. Melakukan pembersihan komponen *heat exchanger*
4. Melakukan pemeriksaan secara visual pada *heat exchanger*
5. Melakukan pengukuran dan pengetesan pada *heat exchanger*
6. Merakit kembali komponen *heat exchanger*.

Proses Pembongkaran Heat Exchanger

1. Melepaskan baut dan *bonnet*.



Gambar 1. *Bonnet*

2. Memasang dua baut 3/8"-16 pada *bonnet* untuk melepaskan *bonnet*.



Gambar 2. Melepaskan *bonnet*

3. Melepaskan *tube bundle* dari *tank assembly*.



Gambar 3. Melepaskan *tube bundle*

4. Melepaskan *Zink Rod* untuk diperiksa.



Gambar 4. Melepaskan *zink rod*


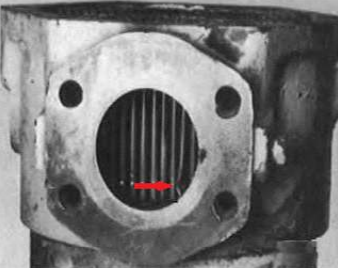
3 Proses Pemeriksaan Visual

Pemeriksaan visual adalah mengamati kondisi fisik pada komponen kemudian membandingkan nya dengan referensi yang ada. Indikasi kerusakan dapat dilihat dengan adanya perubahan fisik komponen, goresan atau gesekan, ataupun perubahan warna dari komponen tersebut. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan proses inspeksi visual antara lain :

- Membersihkan komponen terlebih dahulu agar tanda tanda kerusakan dapat terlihat jelas.
- Mengamati setiap detail komponen dengan teliti.
- Menyediakan referensi yang berhubungan dengan proses inspeksi visual untuk memudahkan dalam memahami setiap indikasi yang ditemukan, Keterangan: (A) Pemeriksaan Aktual, (B) Standar GRPTS.

4 Analisa Tube Bundle

Tabel 1. Pemeriksaan visual pada *tube*

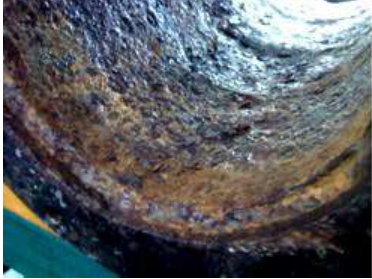

 <p>(A)</p>	<p>Keterangan :</p> <p>Pada gambar (A) telah dilakukan pemeriksaan secara visual pada <i>tube-tube heat exchanger</i> yang berjumlah 116 <i>tubes</i>, terdapat <i>physical damage</i> di dua <i>tube</i> pada sisi luar <i>tube bundle</i> dan membandingkan dengan GRPTS. Hasilnya adalah <i>tube</i> tersebut tidak dapat di gunakan kembali, karena akan mempengaruhi flow fluida, penyerapan panas dan dapat terjadi kebocoran di kemudian hari.</p>
 <p>(B)</p>	

Physical damage yang terdapat pada komponen *tube bundle heat exchanger* disebabkan karena penanganan yang tidak tepat pada komponen *tube bundle* selama proses pembongkaran, pembersihan, pemindahan, dan penyimpanan. Kerusakan yang terlihat pada komponen *tube bundle heat exchanger* disebabkan *tube bundle* terbentur material tumpul.

Solusinya dengan lebih memperhatikan prosedur yang benar saat bekerja terutama saat melakukan penanganan dan penyimpanan komponen *tube bundle*, letakkan *tube* pada area yang aman dan tidak berada di bawah komponen lain.

5 Analisa Shell/Expansion Tank

Tabel 2. Pemeriksaan visual pada *shell* atau *expansion tank*

 <p>(A)</p>	<p>Keterangan : Pada gambar (A) telah dilakukan pemeriksaan secara visual pada <i>shell / expansion tank</i>, terdapat <i>cracked</i> dan <i>broken</i> yang disebabkan <i>corrosion</i>. Sesuai dengan standar GRPTS maka <i>shell / expansion tank</i> harus diganti atau tidak dapat digunakan kembali.</p>
 <p>(B)</p>	

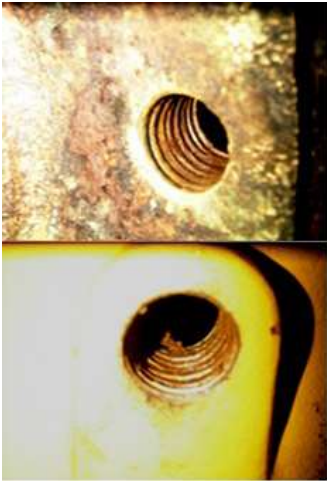

Ada lima kondisi yang dapat menyebabkan terjadinya keausan *corrosion* yang terdapat pada *shell/expansion tank*, penyebab tersebut antara lain :

- Menggunakan air garam sebagai air pendingin
- Menggunakan air tanpa dicampur dengan *supplement coolant additive* sebagai air pendingin atau tidak menggunakan *supplement coolant additive element*.
- Penggunaan *coolant* dengan kandungan *supplement coolant additive* kurang atau tidak sesuai dengan spesifikasi, yaitu sebanyak 6-8 % dari volume *cooling system* apabila tidak menggunakan *antifreeze* dan 3-6% dari volume *cooling system* apabila menggunakan *antifreeze*.
- Menggunakan *coolant* yang sudah lewat masa pemakaian, *cooling system* harus dikuras dan dibersihkan menggunakan *cooling system cleaner* setiap 2000 jam *service* dan menggantinya dengan *coolant* baru yang sesuai dengan spesifikasi.
- Tidak menambahkan *cooling system conditioner liquid* pada *preventive maintenance* 250 jam.

Solusinya adalah dengan menggunakan *coolant* yang sesuai dengan spesifikasi yaitu air dengan kualitas baik dengan kandungan *supplement coolant additive* sebanyak 6-8 % dari volume *cooling system* apabila tidak menggunakan *antifreeze* dan 3-6% dari volume *cooling system* apabila menggunakan *antifreeze*. Serta melakukan pemeliharaan *cooling system* sesuai dengan anjuran dari *service manual*.

Analisa Thread pada Bonnet

Tabel 3. Pemeriksaan *thread* pada *bonnet*

 <p>(A)</p>	<p>Keterangan :</p> <p>Pada gambar (A) telah dilakukan pemeriksaan secara visual terhadap <i>thread</i> pada komponen. Sesuai dengan standard GRPTS, maka komponen <i>bonnet</i> tersebut dapat digunakan kembali dan tidak perlu dilakukan perbaikan karena tidak ada <i>thread</i> yang rusak.</p>
 <p>(B)</p>	

Apabila terjadi kerusakan *stripped thread* pada lubang baut dapat dilakukan perbaikan dengan *Caterpillar threaded insert* atau dengan menginstall *plug* logam dan membuat lubang baut dan *thread* baru. Untuk mendapatkan informasi lebih lanjut tentang *threaded inserts* ada pada *Special Instruction*, SMHS8438, yang berjudul "*Chart for Heli-Coil Repair*".

Analisa End Plate

Tabel 4. Pemeriksaan visual pada *end plate*

 <p>(A)</p>	<p>Keterangan :</p> <p>Pada gambar (A) telah dilakukan pemeriksaan secara visual pada <i>end plate heat exchanger</i>. Sesuai dengan standar GRPTS, maka <i>end plate heat exchanger</i> dapat digunakan kembali karena tidak mengalami <i>physical damage</i> atau <i>broken</i>.</p>
 <p>(B)</p>	

6 Pemeriksaan Komponen Zinc Rod



Gambar 5. *zinc rod*

Prosedur pemeriksaan pada *Zink Rod* :

1. Remove *zinc rod*
2. Periksa *zinc rod* dari kerusakan fisik, jika rusak ganti dengan *zinc rod* baru
3. Pukul secara perlahan dengan menggunakan palu kecil, jika *zinc rod* hancur maka lakukan penggantian.
4. Jika hasil pemeriksaan dapat digunakan kembali, maka kikis lah permukaan *zinc rod* yang telah teroksidasi sebelum dilakukan pemasangan. Permukaan yang teroksidasi akan mempengaruhi efektifitas kerja *zinc rod*.

Dari hasil pemeriksaan aktual pada komponen *zinc rod heat exchanger*, komponen *zinc rod* tidak mengalami kerusakan sehingga dapat digunakan kembali. Penulis hanya mengikis lapisan oksidasi dari *zinc rod* sebelum memasangnya kembali, karena lapisan oksidasi dapat mengurangi efektifitas dari *zinc rod*.

Proses Pengetesan Heat Exchanger



Gambar 6 Pengetesan kebocoran

Tabel 5. Hasil aktual testing pressure

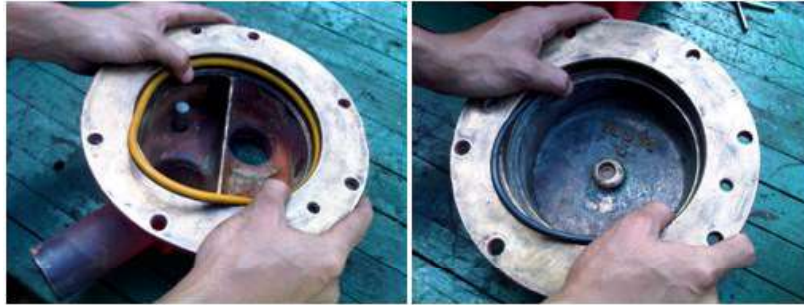
Spesifikasi	Pengetesan	Hasil
Maksimal 35 psi (Tidak boleh melebihi 35 Psi) Durasi : 1 (satu) menit	20 Psi (selama 1 Menit)	Terdapat kebocoran

Sumber: *system information service caterpillar, media number SENR5062*

Pada gambar 4 telah dilakukan pengetesan kebocoran pada *heat exchanger*, pengetesan dilakukan sesuai dengan panduan yang ada pada *service manual* dengan menggunakan *air pressure* yang disarankan yaitu 32 psi dan tidak diperbolehkan melebihi 35 psi selama 1 (satu) menit. Hasil yang diperoleh ialah kebocoran *heat exchanger* pada sisi *bonnet* yang berhubungan langsung dengan *seal o-ring*. Penyebab kebocoran tersebut adalah seal o-ring yang sudah rusak.

Proses Perakitan Heat Exchanger

1. Memeriksa kondisi *O-ring seal* dan *gasket* sebelum digunakan.



Gambar 7. Memeriksa *O-ring seal*

2. Menempatkan *tube bundle* pada *bonnet assembly* dengan pin dowel sejajar dengan lubang di *bonnet*.



Gambar 8. Penempatan *tube bundle*

3. Menempatkan *bonnet* di posisi pada *tank assembly*.



Gambar 9. Menempatkan *bonnet* pada posisi

3 Simpulan

Dari penelitian “Analisa Penyebab Kerusakan Komponen Heat Exchanger pada Sistem Pendingin Engine Marine 3306 Caterpillar” diketahui bahwa:

- a. *Physical damage* yang terjadi pada komponen *tube bundle heat exchanger* terdapat pada *tubes* yang berada di sisi luar *tube bundle* dan pada dua *tubes* yang berdekatan. Kerusakan ini disebabkan *tube bundle* terbentur material tumpul karena penanganan yang tidak tepat. Hasilnya adalah *tube* tersebut tidak dapat di gunakan kembali, karena akan mempengaruhi flow fluida, penyerapan panas dan dapat terjadi kebocoran di kemudian hari.
- b. *Corrosion* yang terjadi pada komponen *shell/expansion tank heat exchanger* disebabkan karena penggunaan *coolant* yang tidak tepat dan tidak melakukan perawatan pada *cooling system* sesuai dengan *service manual* yaitu pada setiap *service* 50 jam, 250 jam, dan 2000 jam. Hasilnya adalah *shell/expansion tank* tersebut tidak dapat di gunakan kembali.
- c. Kebocoran yang terjadi pada *bonnet heat exchanger* disebabkan karena kerusakan *seal o-ring* yang mengalami perubahan struktur karena melewati usia pemakaian. Kebocoran terjadi pada *pressure* 20 psi dari spesifikasi yang disarankan yaitu 32 psi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada P2M Politeknik Negeri Samarinda melalui pendanaan DIPA Politeknik Negeri Samarinda Tahun Anggaran 2016.

Daftar Pustaka

- [1]. Caterpillar Inc. 2003, *Heat Exchanger Test*, Media Number SENR5062-02, United State of America: Caterpillar Inc
- [2]. Caterpillar Inc., *Heat Exchanger Inspect*, Media Number, SEBU7897-08, United State of America: Caterpillar Inc
- [3]. Caterpillar Inc., *General Service Information Cooling System*, Media Number LEBV0915-05, United State of America: Caterpillar Inc
- [4]. Caterpillar Inc., *Zinc Rod Inspect*, Media Number SEBU7897-08, United State of America: Caterpillar Inc
- [5]. Caterpillar Inc., 2010, *Know Your Cooling System*, Media Number SEBD0518-09, United State of America: Caterpillar Inc
- [6]. Cahya Sutowo. 2013. *Analisa Heat Exchanger Jenis Shell and Tube Dengan Sistem Single Pass*. Jakarta: Jurnal Penelitin Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jakarta