

Investigasi kerusakan turbocharge pada unit dump truck

Wahyu Anhar¹ Iskandar Zulkarnain Kamal¹
Dhandi Wahyu Wiranata¹

¹ Program Studi Alat Berat, Politeknik Negeri Balikpapan

✉ wahyu.anhar@poltekba.ac.id

Pengamatan visual unit kerusakan HD 785-7 Komatsu (pengamatan pola kerusakan), pengujian kekerasan, dan pengamatan mikro serta makro dilakukan untuk menemukan penyebab utama kerusakan turbocharge. Berdasarkan hasil pengamatan visual pada sisi intake turbocharge, pola kerusakan yang terjadi disebabkan keausan pada shaft turbocharge, dan masuknya partikel keras (asing). Hasil pengamatan visual sisi exhaust turbocharge menunjukkan bahwa terjadi kenaikan temperatur di atas standar. Bersesuaian dengan hasil pengamatan mikro bahwa sekitar retakan housing turbin menunjukkan oksidasi akibat temperatur tinggi. Temperatur yang terjadi pada sisi exhaust turbocharge berkisar di atas 700 °C. Selain itu, hasil pengamatan makro menunjukkan bahwa terdapat pola crazed di sekitar permukaan luar retakan housing turbine, yang disebabkan kenaikan temperatur kerja. Hasil pengujian kekerasan potongan melintang housing turbine menunjukkan bahwa komponen memiliki kehomogenitasan kekerasan (tidak cacat produksi) dengan angka kekerasan 7,3 HRC. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengujian tersebut, maka keausan shaft turbocharge dan masuknya partikel keras (asing) pada sisi intake berdampak terhadap retakan housing turbine dan kerusakan turbine pada sisi exhaust. Selain itu, tidak ditemukan adanya cacat bahan pada komponen yang menyebabkan kerusakan. Faktor pemeliharaan dan perawatan sangat berperan terhadap kerusakan yang terjadi pada komponen turbocharge.

Kata kunci: turbocharge, keausan, partikel keras, temperatur tinggi

Diajukan: 1 Juni 2020

Direvisi: 16 Juni 2020

Diterima: 17 Juni 2020

Dipublikasikan online: 17 Juni 2020

Pendahuluan

Air induction system (sistem pemasukan udara) harus dapat menyediakan masukan udara bersih yang menyebabkan aliran udara masuk ke dalam ruang pembakaran. Pemasukan udara yang baik, sempurna dan seimbang dengan jumlah bahan bakar di dalam ruang bakar menghasilkan pembakaran yang sempurna. Output pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tenaga engine yang optimal, yang berdampak terhadap produktivitas unit.

Salah satu sistem pemasukan udara adalah menggunakan komponen turbocharge. Turbocharge berfungsi untuk meningkatkan efektivitas tekanan terhadap piston, yang selanjutnya berpengaruh terhadap efisiensi thermal engine (Schobeiri, 2012).

Artikel ini disusun berdasarkan studi kasus kerusakan komponen turbocharge pada unit dump truck HD 785-7 Komatsu. Komponen mengalami kerusakan pada pemakaian 3.276 jam. Gambar 1 menunjukkan unit yang mengalami permasalahan turbocharge. Adanya permasalahan pada komponen

turbocharge menyebabkan pemasukan udara tidak maksimal, yang akhirnya menyebabkan tenaga engine tidak optimal. Root cause penyebab kerusakan turbocharge harus diketahui, sehingga dapat mencegah terjadinya breakdown unit yang berdampak terhadap produktivitas unit tersebut.

Pengamatan (baik secara macro atau micro visual observation) dan analisis terhadap bagian yang mengalami kerusakan dapat membantu menemukan root cause kerusakan komponen. Analisa pola kerusakan dan patahan dapat digunakan untuk menentukan penyebab kerusakan (Drastiwati dan Agustin, 2017; Meitin dan Jablonka, 2018; Rosenbloom dkk, 2016). Oleh karena itu, artikel ini membahas pola-pola kerusakan yang terjadi pada komponen turbocharge sehingga dapat diketahui penyebab kerusakannya.

Metode

Pengamatan secara visual kerusakan komponen turbocharge meliputi pengamatan bagian intake (blade

Cara mensitasi artikel ini:

Anhar, W., Kamal, I.Z., Wiranata, D.W. (2020) Investigasi kerusakan turbocharge pada unit dump truck. Buletin Profesi Insinyur 3(1) 045-050

compressor dan *housing compressor*), dan bagian *exhaust* (*turbine* dan *housing turbine*), dan *shaft*.

Pengujian kekerasan dilakukan untuk menentukan kehomogenitasan bahan komponen. Metode uji kekerasan yang digunakan adalah kekerasan *Rockwell*. Pengujian kekerasan dilakukan di *workshop* Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Balikpapan. Pengujian kekerasan dilakukan pada potongan melintang dari bagian dekat retakan, dan jauh dari retakan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 1 Unit dump truck HD 785-7 Komatsu



Gambar 2 Bagian pengujian kekerasan

Pengamatan struktur mikro juga dilakukan pada daerah retakan (Gambar 2) untuk menentukan apa penyebab terjadinya retakan tersebut. Pengamatan struktur mikro menggunakan kamera metalurgi Laboratorium Bahan D3 Teknik Mesin UGM Yogyakarta.

Hasil Kerja

Pengamatan Visual

Pengamatan visual komponen *turbocharge* meliputi bagian *intake* maupun *exhaust*, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3. Bentuk detail kerusakan bagian *intake turbocharge* ditunjukkan dalam Gambar 4. Terlihat bahwa pada bagian *blade compressor* baik tampak atas (a), maupun tampak samping (b) terdapat retakan-

retakan pada bagian sisi depan dan sisi samping. Bagian dalam *housing compressor* juga terdapat goresan tipis dan dalam.



Gambar 3. Komponen *turbocharge* sisi *intake* dan *exhaust*



Gambar 4. Bagian *intake turbocharge*

Retakan pada sisi samping *blade* dan goresan bagian dalam *housing compressor* (dekat *blade*) menunjukkan bahwa terjadi benturan antara *blade compressor* dengan *housing*. Benturan dapat terjadi karena jarak *spacing* yang tidak standar. Jarak *spacing* menjadi tidak standar karena terjadi keausan pada *shaft turbocharge*. Terdapat pelumasan pada bagian *shaft* yang berguna untuk mencegah keausan terhadap bagian yang saling bergesekan, pembersih dan pendingin komponen (ASM Handbook, 1992).

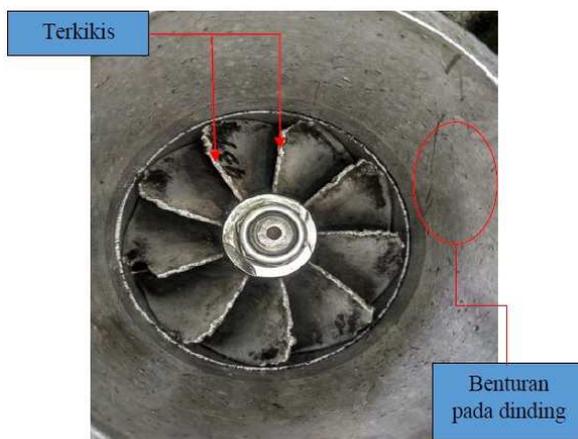
Gambar 5 menunjukkan kondisi *shaft turbocharge*. Terlihat bahwa adanya penghitaman atau deposit (pelekatan kotoran) di bagian *shaft*. Deposit ini dapat terbentuk karena tidak adanya aliran pelumasan. Telah terjadi kebuntuan pada saluran pelumasan *shaft turbocharge*. Tidak adanya pelumasan menyebabkan

laju keausan *shaft* semakin tinggi dan berdampak terhadap besarnya *play rotor*, yang akhirnya menyebabkan jarak *spacing* tidak standar.

Masih pada pengamatan visual *intake turbocharge* seperti ditunjukkan Gambar 6, terlihat bahwa sisi depan *blade compressor* juga terdapat retakan yang lepas. Selain itu, bagian dalam *housing compressor* (depan *blade*) terlihat adanya bekas benturan-benturan yang lepas. Hal ini menunjukkan aliran udara yang masuk mengandung partikel keras (asing). Partikel keras tersebut ikut membentur bagian dalam *intake turbocharge*. Akibat benturan partikel keras tersebut menyebabkan terjadinya goresan/pengikisan bagian dalam *intake turbocharge*. Fenomena pengikisan ini dikenal dengan keausan erosi atau *solid particle erosion* (SPE) (ASM Handbook, 1992).



Gambar 5. Deposit pada bagian *shaft turbocharge*



Gambar 6. Adanya bekas benturan partikel keras

Pengamatan detail bagian *exhaust* ditunjukkan dalam Gambar 7. Terlihat bahwa terdapat retakan pada *housing turbine*, dan *blade turbine* mengalami tekukan. Retakan *housing turbine* dan tekukan *blade turbine* disebabkan adanya kenaikan temperatur di atas standar. Pembahasan retakan *housing turbine* akan dijelaskan dalam pengamatan struktur mikro.



Gambar 7. Bagian *exhaust turbocharge*

Selain itu, berdasarkan Gambar 8 bahwa rambatan retak yang terjadi pada *housing turbine* adalah retak *intergranular*. Retak *intergranular* ditandai dengan adanya pembelokan rambatan retak (Faulkner, 2004).



Gambar 8. Retakan *housing turbine*

Retakan *intergranular* dapat disebabkan adanya kombinasi akibat lingkungan kerja, diantaranya akibat oksidasi yang berdampak terjadi perubahan atau penurunan kekuatan batas butir (ASM Handbook, 2002). Adanya oksidasi pada butir atom logam disebabkan temperatur tinggi di atas standar, yang dijelaskan pada pengamatan struktur mikro.

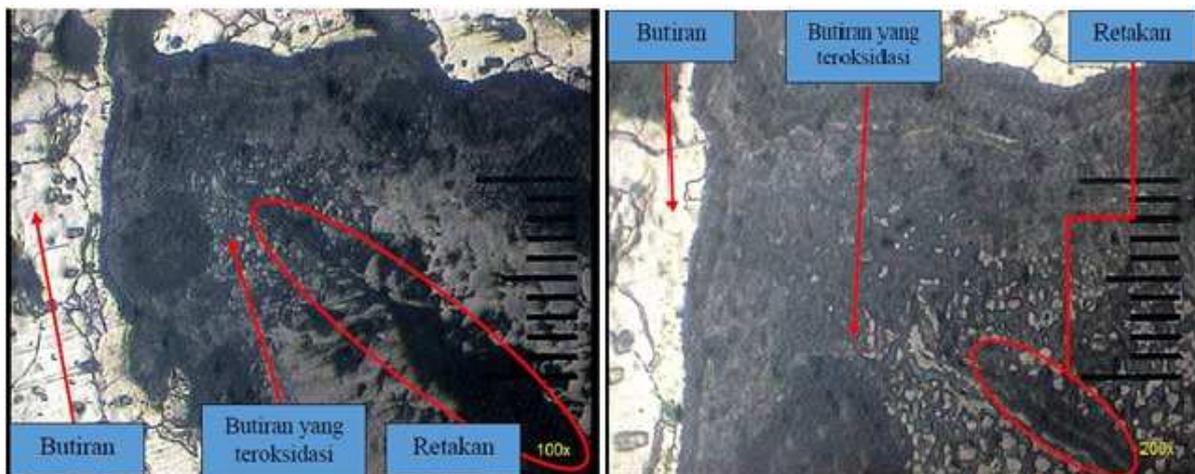
Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada area sekitar retakan *housing turbine*. Hasil pengamatan struktur mikro di sepanjang retakan ditunjukkan dalam Gambar 9. Sepanjang retakan terdapat bagian yang berwarna keabu-abuan (gelap). Bagian berwarna keabu-abuan ini menunjukkan adanya oksidasi di sepanjang retakan benda. Pola retak oksidasi terdapat warna keabu-abuan (gelap), seperti ditunjukkan dalam Gambar 10 (ASM Handbook, 2002).

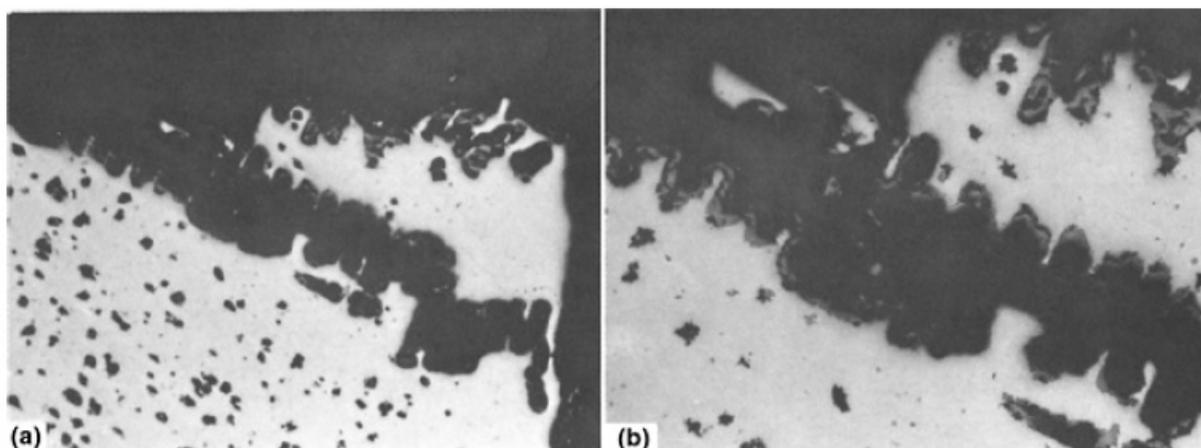
Retak oksidasi disebabkan karena adanya pengaruh temperatur tinggi pada komponen, diatas kemampuan bahan komponen, dan disekitar komponen tersebut mengandung gas oksigen. Temperatur yang terjadi berkisar diatas 700 °C (1290 °F) dengan kombinasi adanya interval waktu (ASM Handbook, 1987a). Panas yang berlebih menyebabkan terjadinya pelemahan atau penurunan ikatan atom logam (butiran). Dengan lemahnya ikatan butiran, dan di sekeliling komponen terdapat oksigen maka atom-atom oksigen dengan mudah terserap pada permukaan logam (ASM Handbook, 1987b). Dengan semakin penetrasinya atom-atom oksigen tersebut, menyebabkan terputusnya ikatan butiran. Kekuatan ikatan butiran menjadi lebih rapuh dan saat mengalami pembebanan (getaran) dapat dengan mudah mengalami retakan. Terserapnya atom oksigen ke dalam ikatan butiran komponen yang pada akhirnya menyebabkan pelemahan butiran, sehingga dapat juga dikatakan bahwa butiran mengalami korosi (tersisipi atom oksigen) temperatur tinggi.

Pengamatan Makro

Pengamatan makro dilakukan pada retakan *housing turbine*. Gambar 11 merupakan hasil pengamatan makro di area sepanjang retakan *housing turbine*. Pada permukaan luar *housing turbine* terdapat pola *crazed*. Pola *crazed* pada permukaan luar menunjukkan bahwa rambatan retak terjadi akibat adanya *high-cycle thermal fatigue* (ASM Handbook, 2002). Pola *crazed* ini terbentuk karena permukaan luar mengalami pendinginan akibat udara luar, sedangkan permukaan bagian dalam tidak. Panas permukaan luar diserap udara luar dan menguap, sehingga temperatur permukaan luar kembali normal dan tegangan permukaan hilang. Proses ini terus berulang-ulang (siklus), sehingga permukaan luar mengalami kontraksi berupa *biaxial tensile stresses*.



Gambar 9. Hasil pengamatan struktur mikro di sepanjang retakan *housing turbine*



Gambar 10. Retakan akibat oksidasi (a) 30x; (b) 60x (ASM Handbook, 2002)

Hal ini juga bersesuaian dengan pola rambatan retak yang berupa retakan *intergranular*. *Thermal fatigue* dapat menyebabkan terjadinya retakan *intergranular*. Pengaruh kombinasi lingkungan kerja yakni adanya kenaikan temperatur kerja di atas standar menyebabkan ikatan butiran mengalami pelemahan akibat tersisipi atom oksigen (ASM Handbook, 2002).

Pengujian Kekerasan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan dari beberapa titik di bagian *housing turbine* didapatkan angka kekerasan yang sama dan identik. Angka kekerasan *housing turbine* adalah berkisar 7,3 HRC. Angka kekerasan yang sama dan identik untuk di beberapa bagian komponen menunjukkan bahwa komponen, khususnya unsur penyusun adalah homogen (ASM Handbook, 2000). Hal ini menunjukkan bahwa komponen *housing turbocharge* yang mengalami kegagalan tidak memiliki cacat produksi.



Gambar 11. Pola *crazed* pada permukaan luar *housing turbine*

Analisa Kerusakan

Kerusakan *intake turbocharge* (*blade* dan bagian dalam *housing compressor*) disebabkan karena keausan *shaft*, yang menyebabkan *play rotor* di atas standar. Keausan *shaft* disebabkan tidak adanya pelumasan pada bagian *shaft*. Selain itu, partikel keras (*asing*) juga ikut masuk ke dalam sistem pemasukkan udara. Tidak seimbangnya putaran *blade compressor* dan ikut masuknya partikel keras menyebabkan jumlah pemasukkan udara tidak sesuai dan kotor. Perbandingan udara dan bahan bakar yang tidak sesuai dalam ruang bakar menyebabkan pembakaran menjadi tidak sempurna. Dengan kurangnya suplai udara ke ruang bakar menyebabkan pada saat langkah kompresi bahan bakar tidak ikut terbakar semua. Bahan bakar yang tidak terbakar di dalam ruang bakar akan ikut keluar pada saat langkah buang, dan terbakar diluar ruang bakar yakni di *exhaust*.

Pembakaran yang terjadi di bagian *exhaust* (*housing turbine*) menyebabkan *exhaust* mengalami kenaikan temperatur di atas standar. Hal inilah yang menyebabkan *housing turbine* mengalami oksidasi (akibat temperatur tinggi) sehingga mudah mengalami retakan ketika ada getaran (efek ledakan pembakaran). Selain itu, akibat temperatur kerja yang tinggi juga menyebabkan *blade turbine* mengalami tekukan.

Kesimpulan

Kerusakan *intake turbocharge* (*blade* dan bagian dalam *housing compressor*) disebabkan karena keausan *shaft turbocharge*. Keausan *shaft turbocharge* dikarenakan tidak adanya pelumasan, yang akhirnya berdampak terhadap *play rotor* di atas standar. Selain itu, kerusakan *intake turbocharge* juga disebabkan masuknya partikel keras bersama aliran udara.

Kerusakan yang terjadi pada *intake turbocharge* tersebut berdampak terhadap retaknya *housing turbine*, dan *blade turbine*. Kerusakan komponen bagian *exhaust turbocharge* disebabkan kenaikan temperatur kerja di atas standar. Sesuai dengan hasil pengamatan mikro bahwa disepanjang retakan terdapat oksidasi akibat temperatur tinggi. Efek kenaikan temperatur kerja menyebabkan ikatan butiran logam mudah tersisipi atom oksigen sehingga ikatan logam menjadi melemah. Ikatan butiran yang lemah akan mudah mengalami retakan jika ada getaran (efek ledakan pembakaran). Selain itu, adanya pengaruh temperatur tinggi diperkuat dengan hasil pengamatan makro pada permukaan luar retakan *housing turbine*. Terdapat pola *crazed* pada permukaan luar retakan *housing turbine*, dan rambatan retak yang terjadi adalah retak *intergranular thermal fatigue*.

Berdasarkan pengujian kekerasan tidak ditemukan adanya cacat bahan pada komponen yang dapat mengakibatkan kegagalan. Dibuktikan dengan angka kekerasan sebesar 7,3 HRC yang saling sama dan identik pada *housing turbine*. Faktor pemeliharaan dan perawatan sangat berperan terhadap kerusakan/kegagalan yang terjadi pada komponen *turbocharge*.

Ucapan Terimakasih

Penelitian dapat terlaksana berkat adanya kerjasama dan bantuan dari PT. United Tractors, Tbk. site Batu Kajang, Kaltim dalam memberikan kesempatan untuk melakukan observasi dan pengumpulan data.

Referensi

- ASM Handbook. 1987a. Fractography. Volume 12. Print Volume. ASM International, hal. 88.
- ASM Handbook. 1987b. Corrosion. Volume 13. Print Volume. ASM International, hal. 122-123.

- ASM Handbook. 1992. Friction, Lubrication, and Wear Technology. Volume 18. Print Volume. ASM International, hal. 123, 367.
- ASM Handbook. 2000. Mechanical Testing and Evaluation. Volume 8. Print Volume. ASM International, hal. 436.
- ASM Handbook. 2002. Failure Analysis and Prevention. Volume 11. Print Volume. ASM International, hal. 286, 1355, 1358, 2647.
- Drastiawati, N.S. dan Agustin, H.C.K. (2017). Failure analysis of the left waterwall tube of boiler furnace in the steam power plant based on thickness changes and pressure. *MMMS*, 13(4), 539-549.
- Faulkner, L.L. (Ed). 2004. Practical Engineering Failure Analysis. New York: Marcel Dekker, hal. 499.
- Meitin, E.G. dan Jablonka, M. (2018). Root cause failure analysis of polyethylene tubing utilizing microscopy. *Microsc. Microanal*, 24, 1166-1167.
- Rosenbloom, S.N., Crowe, D., Hessler, K. (2016). Failure analysis of a ruptured cast aluminum alloy fire hose manifold. *Microsc. Microanal*. 22, 1724-1725.
- Schobeiri, M.T. (2012). Turbomachinery Flow Physics and Dynamic Performance. 2nd ed. Verlag Berlin: Springer, hal. 12.