

Analisa Pelumas Bekas Pada Uji Engine Berbahan Bakar Minyak Mentah (*Crude Oil*)

Ihwan Haryono¹⁾ dan Henry Noland²⁾

^{1,2)}BT2MP-BPPT, Gd. 233 Kawasan PUSPIPTEK, Setu, Tangerang Selatan, Banten
Email:ihwanharyono@gmail.com

Abstrak. Proses pengangkutan minyak mentah dari sumber eksplorasi ke lokasi pengilangan membutuhkan kendaraan atau alat angkut dengan bahan bakar yang didatangkan dari tempat lain. Pemanfaatan minyak mentah hasil eksplorasi (*crude oil*) sebagai bahan bakar dapat menghilangkan proses pengadaan bahan bakar untuk alat angkut minyak mentah tersebut ke tempat pengilangan sehingga dapat menghemat biaya yang signifikan. Kelemahannya adalah sifat dan kandungan kimia dari minyak mentah yang tidak dibutuhkan pada proses pembakaran mesin (*engine*) dapat mengganggu bahkan merusak komponen *engine*. Pengujian tentang kelayakan pemanfaatan minyak mentah sebagai bahan bakar *engine* telah dilakukan di ruang uji (*test cell 5*) BT2MP. Pengujian menggunakan sebuah *engine* diesel 3 silinder berkapasitas 16,4 HP. Dari 100 jam rencana uji ketahanan *engine* (*durability*), *engine* uji mampu beroperasi normal sampai dengan 76 jam sebelum mengalami daya *engine* naik turun (*hunting*) sampai ke daya yang sangat rendah dan diputuskan dihentikan pengujianya. Analisa pelumas bekas telah dilakukan sebagai metode yang efektif untuk mengevaluasi kondisi operasi *engine*. Hasilnya menunjukkan adanya sejumlah gas blow by dan soot hasil pembakaran yang masuk ruang pelumas, keausan permukaan ring dan dinding silinder dan penurunan viskositasnya. Namun demikian jika dilihat dari tingkat kondisi pelumas bekas tersebut patut diduga bahwa penurunan daya *engine* tidak diakibatkan oleh kegagalan sistem pelumasan tetapi disebabkan penyumbatan saluran bahan bakar.

Kata kunci: mesin (*engine*), minyak mentah, pelumas bekas, keausan logam

1. Pendahuluan

Minyak mentah (*crude oil*) merupakan hasil eksplorasi di daerah yang mengandung cadangan minyak bumi. Hasil eksplorasi minyak bumi selanjutnya dikirim ke unit pengilangan (*refinery unit*) untuk diproses lebih lanjut dan menghasilkan produk yang mempunyai nilai komersial lebih tinggi. Proses pengiriman dari lokasi eksplorasi ke tangki penimbunan di unit pengilangan dapat menggunakan jalur pipa ataupun kapal tongkang di lepas pantai.

Untuk mendukung operasional kegiatan eksplorasi diperlukan mesin (*engine*) untuk pembangkit listrik. Untuk transportasi minyak mentah ke tempat pengilangan diperlukan alat angkut (kapal) yang membutuhkan bahan bakar dalam jumlah besar dan biaya tinggi. Bahan bakar yang dibutuhkan tersebut harus didatangkan dari tempat lain dan mempunyai spesifikasi standar tertentu. Sementara itu minyak mentah hasil eksplorasi berpotensi dapat digunakan langsung dengan sedikit perlakuan untuk memperoleh sifat minyak yang mendekati dengan yang sudah dipasarkan. Pemanfaatan minyak mentah (*crude oil*) sebagai bahan bakar dapat menghilangkan proses transportasi pengadaan bahan bakar untuk *engine* pendukung operasional dan alat angkut minyak mentah sehingga menghemat biaya signifikan. Namun demikian pemanfaatan minyak mentah untuk bahan bakar perlu memperhatikan sifat fisik-kimianya. Sifat dan kandungan kimia dari minyak mentah yang tidak dibutuhkan pada proses pembakaran mesin (*engine*) dapat mengganggu bahkan merusak komponen *engine*.

Kelompok utama senyawa dalam minyak mentah adalah hidrokarbon jenuh (seperti *n*-alkana dan bercabang dan sikloalkana yang tidak mengandung ikatan rangkap), hidrokarbon aromatik, resin dan asphaltenes (senyawa poliklikat dengan berat molekul tinggi yang mengandung nitrogen, sulfur, dan oksigen (NSO), dan senyawa organologam [1]. Elemental analysis dari minyak mentah mengindikasikan bahwa umumnya asfalt mengandung 79–88 %wt carbon, 7–13 wt% hydrogen, 0 s/d 8 wt% sulfur, 2– 8 wt% oxygen, and 0 s/d 3 wt% nitrogen. [2].

Untuk mengetahui kelayakan pemanfaatan suatu jenis minyak mentah sebagai bahan bakar *engine* (diesel), telah dilakukan pengujian *durability* di ruang uji (*test cell 5*) Balai Teknologi Termodinamika, Motor dan Propulsi. Dalam pengujian tersebut dilakukan uji unjuk kerja *engine*, konsumsi bahan bakar dan efek jangka panjang pada komponen *engine*. Evaluasi pengaruh penggunaan bahan bakar minyak

mentah terhadap komponen engine dilakukan melalui inspeksi visual, metrology dan rating komponen setelah uji durability selesai, serta analisa pelumas bekas (*used oil analysis*) selama pengujian tersebut.

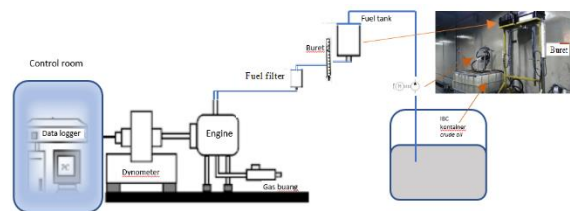
Kondisi pelumas yang digunakan pada suatu pengoperasian engine akan mempengaruhi kondisi kerja secara signifikan. Sifat fisik dan kimia pelumas memiliki efek langsung pada situasi pelumasan. Di sisi lain, pelumas memberikan informasi sekunder tentang kondisi mesin. Sama seperti tes darah dapat mengungkapkan beberapa penyakit pada orang, analisis oli menyeluruh dapat menginformasikan tentang beberapa kerusakan dalam mesin. Analisis oli juga dapat membantu dalam menentukan kondisi mesin dan dalam memperkirakan kemungkinan terjadinya kerusakan [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kelayakan penggunaan minyak mentah dari suatu tempat eksplorasi untuk bahan bakar engine melalui uji durability engine genset. Paper ini hanya menyampaikan hasil analisa pelumas sebagai evaluasi terhadap kondisi operasi engine genset tersebut serta keausan komponen-komponennya. Data data hasil uji yang lain belum dapat dipublikasikan.

Metode Penelitian

Pengujian durability disetel untuk pengujian selama 100 jam dengan menggunakan engine diesel stasioner merk KUBOTA, tipe IDI vertikal, berpendingin air, 3 silinder, 4 siklus dengan kapasitas 16,4 HP pada 3600 RPM. Pengujian dilakukan secara otomatis (*autotest*). Skema pengujian ditunjukkan pada gambar 1.

Sebelum dilakukan pengujian durability, komponen kritis engine berkaitan dengan suplai bahan bakar dan system pembakaran diganti dengan yang baru, diantaranya piston, *piston ring set*, *inlet valve*, *outlet valve* dan injektor. Beberapa komponen lain dibersihkan, diantaranya *cylinder liner*, *cylinder head*, *rocker gallery cover*, *oil sump cover*, metal duduk dan metal jalan (*big end bearing*).



Gambar 1. Skema pengujian

Pengujian *durability* dilakukan dengan cara menjalankan mesin pada kondisi beban 75% dari Power maksimum di *rated rpm*. Sampling sekaligus penggantian oli pelumas dilakukan pada jam ke-50. Selama pengujian, pengamanan / kontrol terhadap *overheat temperature* dan *overheat pressure* diatur oleh tim penguji dengan menggunakan *blower*.

Sebelum dilakukan uji durability, bahan bakar *crude oil* yang diuji dilakukan pengujian sifat fisik kimianya di laboratorium analisa bahan bakar (PT. Intertek Utama Services). Pelumas yang digunakan mempunyai spesifikasi sesuai dengan yang direkomendasikan oleh pabrikan engine yaitu API SC SAE 15W-40.

2. Hasil dan Pembahasan

Pengujian durability direncanakan selama 100 jam dengan penggantian minyak pelumas pada menit ke 50. Namun dari 100 jam tersebut engine hanya mampu beroperasi sampai dengan 76 jam. Engine menunjukkan performa yang stabil di 26 jam pertama dan tidak stabil (*hunting*) di sisa 24 jam sampai terpenuhi 50 jam pertama. Di 50 jam pertama mesin berhenti untuk penggantian oli, dilanjutkan untuk 50 jam kedua. Beberapa jam setelah penggantian oli, operasi engine lebih tidak stabil dan performa mesin menurun hingga diputuskan untuk menghentikan pengujian pada jam ke-76.

1) Setelah pengujian durability dihentikan, engine dibongkar untuk inspeksi komponen dan dilakukan sampling pelumas. Selanjutnya sample pelumas baru dan sampel pelumas bekas jam ke 50 dan ke 76 dikirim ke laboratorium analisa pelumas (laboratorium S.O.SSM PT. Trakindo). Sampel pelumas yang diuji ditunjukkan pada Gambar 2. Sifat fisik kimia *crude oil* untuk uji durability ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Sample pelumas uji

Tabel 1. Sifat fisik kimia bahan bakar *crude oil* yang digunakan selama pengujian

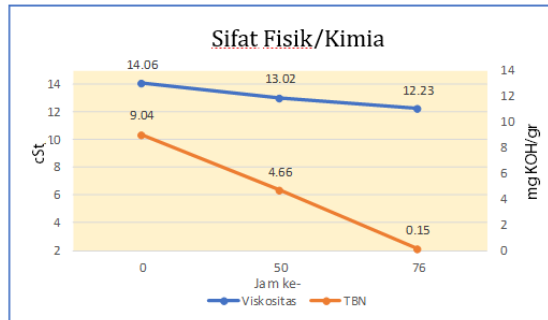
NO	PARAMETER	METODE	UNIT	HASIL
1	Distilasi IBP	ASTM D86	°C	37
2	Distilasi 95% vol	ASTM D86	°C	432
3	Distilasi FBP	ASTM D86	°C	471
4	Kinematic Viscosity at 100 F	ASTM D-445	cSt	2,9
5	Strong Acid Number	ASTM D-664	Mg KOH/g	Nil
7	Total Acid Number	ASTM D-664	Mg KOH/g	0,33
8	Asphalt	ASTM D-6560	wt %	0,45
9	Total Sulphur	ASTM D-4294	wt %	0,03
10	Wax Content	UOP 46	wt %	8,42

Tabel 1 menunjukkan bahwa minyak mentah tersebut mempunyai fraksi ringan yang ditunjukkan dalam *initial boiling point* (IBP) sebesar 38 °C. Pada umumnya bahan bakar diesel mempunyai karakteristik distilasi berkisar pada temperature 250 sampai 350 °C [4]. Untuk parameter nilai viskositas, kandungan sulfur dan nilai *total acid number* (TAN) masih memenuhi spesifikasi bahan bakar minyak solar 48 [5]. Sementara itu untuk temperatur didih akhir (*final boiling point*/FBP) adalah cukup tinggi, mengandung sejumlah asfalt dan wax. Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan *worldwide fuel charter* tahun 2013, nilai FBP untuk diesel adalah 365 °C (katagori 2) dan 350 °C (katagori 3,4,5). Fraksi berat hidrokarbon yang ditandai dengan T90, T95 dan titik didih akhir berhubungan dengan efeknya pada emisi knalpot [6]. Sedang asfalt dan wax berbentuk padat merupakan produk sisa dengan jumlah atom carbon 70 atau lebih dengan susunan berbentuk cincin mempunyai temperatur penguapan di atas 600 °C. Wax merupakan salah satu problem dari minyak mentah di Indonesia. Wax ini akan menghasilkan presipitasi secara cepat dengan adanya perubahan temperature dan tekanan. Presipitasi ini akan menyumbat pipa dan filter bahan bakar sehingga mengakibatkan suplai bahan bakar terganggu [7,8]. Selain itu sifat fisik kimia bahan bakar berperan penting dalam pembakaran dan menghasilkan energi suatu engine. Kondisi pembakaran tersebut lebih lanjut berpengaruh kepada system pelumasan mesin (engine) dan kondisi komponennya [9].

Sudah menjadi umum bahwa analisa pelumas bekas merupakan metode efektif untuk menganalisa kondisi mesin. Dari analisa pelumas bekas dapat diketahui kondisi operasi mesin ataupun kondisi kelayakan pelumas sesudah atau yang sedang digunakan. Fungsi utama minyak pelumas adalah memisahkan dua permukaan logam yang bergesekan. Fungsi ini dapat terwujud jika pelumas tersebut mempunyai kekentalan (viskositas) yang sesuai. Pelumas yang terlalu kental akan tidak mampu mengalir ke celah antar permukaan yang dilumasi dan jika terlalu encer mengakibatkan pelumas tidak mampu memisahkan dua permukaan yang dilumasi. Perubahan viskositas minyak selama operasi terutama dipengaruhi oleh kontaminasi (insolubles, bahan bakar, soot, partikel dan air) dan oksidasi [10].

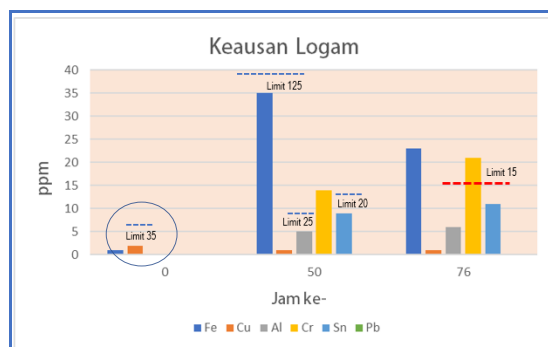
Hasil analisa pelumas ditunjukkan pada Gambar 3, 4 dan 6. Gambar 3 menunjukkan grafik nilai viskositas maupun TBN pelumas bekas yang lebih kecil dibandingkan dengan pelumas barunya.

Penyebab utama penurunan viskositas adalah pengenceran oleh bahan bakar (*fuel diluent*), penambahan pelumas (*toping up*) dengan pelumas yang lebih encer atau kerusakan akibat panas. Penurunan viskositas pelumas berpotensi lebih berbahaya bagi mesin daripada peningkatan viskositas. Pelumas dengan viskositas rendah akan mengurangi ketebalan lapisan minyak pelumas sehingga berisiko terjadi kerusakan permukaan yang dilumasi, terutama di bantalan. Jumlah kritikal dilusi bahan bakar untuk pelumas mineral sebesar 3 wt% [11].



Gambar 3. Sifat fisik dan kimia pelumas

Hasil pengukuran nilai TBN pelumas bekas lebih kecil dibanding dengan nilai pelumas baru, bahkan mendekati nol untuk pelumas bekas setelah uji durability. TBN yang menunjukkan kandungan aditif bersifat basa. Turunnya nilai TBN menunjukkan pelumas telah menetralkan asam dari produk pembakaran berada di dinding silinder atau tempat lain dalam engine.



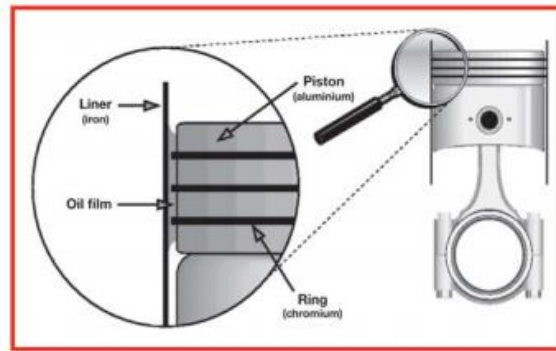
Gambar 4. Kandungan logam dalam pelumas

Gambar 4 menunjukkan kandungan logam pada pelumas. Dari gambar tersebut terlihat hanya logam Cr yang melewati batas yang direkomendasikan untuk penggantian. Logam lain yang terdeteksi pada pelumas bekas yaitu Fe, Cu, Al dan Sn. Untuk logam Cu terlihat sudah ada pada pelumas baru.

Dalam engine, ring biasanya terbuat dari kromium atau pelapis permukaan logam. Pada beberapa liner dapat juga dilapisi dengan krom [12]. Pada engine, komponen dinding silinder dan crankshaft adalah komponen utama yang sering mengalami keausan disamping roda gigi, poros dan katup.

Aluminium pada pelumas bekas umumnya berasal dari piston. Hampir semua piston terbuat dari aluminium atau paduannya.

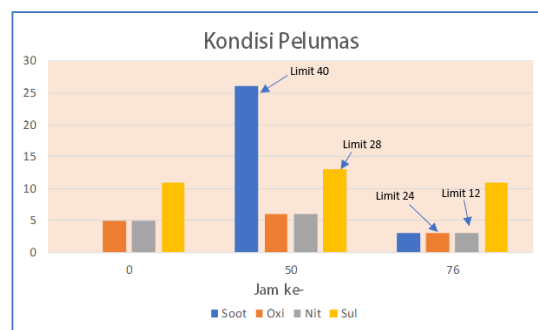
Besi, aluminium dan kromium seringkali terdeteksi secara bersamaan dalam pelumas bekas yang berasal dari logam komponen silinder, piston dan ring. Sistem pelumasan dan material dari komponen ring, piston dan dinding silinder ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pelumasan ring-dinding silinder [sumber: *technical bulletin wear check*]

Kearsan tinggi logam Cr, sementara nilai logam Fe maupun Al masih rendah kemungkinan berasal dari lapisan permukaan ring piston dan permukaan dinding silinder akibat viskositas pelumas yang rendah. Kearsan lebih dalam pada dinding silinder, valve, gear atau komponen lain yang komponen utamanya dari besi dan kearsan piston yang komponen utamanya aluminium tidak terjadi.

Logam Tin (Sn) sering kali dipadukan dengan Pb menjadi logam putih atau disebut logam Babbit merupakan material dari komponen bantalan (*bearing*). Terlihat kandungan kearsan logam Sn masih rendah dan Pb terlihat masih nol.



Gambar 6. Hasil Analisa FTIR kondisi pelumas

Gambar 6 menunjukkan kondisi pelumas bekas dibandingkan dengan yang baru. Dari gambar tersebut terlihat nilai soot muncul pada pelumas bekas sementara nilai yang lain relative sama dengan kondisi baru.

Soot terdiri dari 98% karbon. Indikator konsentrasi soot sangat penting karena memberikan indikasi umum proses pembakaran dan mengidentifikasi gas *blow-by*. Nilai soot yang tinggi merupakan indikasi pembakaran yang tidak efisien, adanya gas *blow-by* tidak normal ataupun kurangnya udara [13]. Soot hasil pembakaran yang masuk ke bak pelumas menyusup diantara celah ring dengan dinding silinder atau terendap dalam pelumas yang ada di dinding silinder kemudian terkikis ring dan masuk ke bak pelumas.

Aditif dispersan pelumas mencegah soot untuk teraglomerasi menjadi ukuran yang lebih besar sehingga menyebabkan viskositas naik. Hilangnya sifat dispersan menyebabkan pelumas kotor dan viskositas tinggi sehingga sulit mengalir menjadi sludge dan tersumbatnya aliran pelumas [14].

3. Kesimpulan

Dari hasil analisa pelumas pada pengujian engine diesel menggunakan bahan bakar minyak mentah (*crude oil*) yang hanya mampu beroperasi sampai dengan 76 jam dari rencana uji durability menunjukkan bahwa sifat fisik bahan bakar mempengaruhi system pelumasan pada ring-dinding silinder. Penurunan viskositas pelumas dan kandungan soot pelumas yang tinggi mengindikasikan lolosnya gas *blow-by* sehingga menyebabkan lapisan pelumas di antara ring-dinding silinder lebih

tipis sehingga menyebabkan keausan permukaannya. Keausan Cr menunjukkan ring dapat bekerja secara bergesekan dengan dinding silinder. Dari data keausan logam Fe dan Al yang rendah di bawah batas nilai limitnya menunjukkan bahwa berhentinya engine pada jam ke 76 tidak disebabkan oleh system pelumasan. Diduga penyebab berhentinya operasi engine akibat permasalahan system pemasukan bahan bakarnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada PT. Sempana Deragas Prakarsa dan Bapak Okky Kusumo Indradi sebagai direktornya yang telah membiayai pengujian dan memberikan ijin untuk dapat mempublikasikan hasil analisa pelumas bekas pada uji durability engine genset berbahan bakar minyak mentah.

Daftar Pustaka

- [1] Cozzarelli I.M., Baehr A.L. 2003. Environmental Geochemistry in Treatise on Geochemistry. Science Direct. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/crude-oil>
- [2] Wess Joann A., Olsen Larry D., and Sweeney Marie Haring. 2005. Asphalt (Bitumen). National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio, USA. http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/cicad59_rev_1.pdf?ua=1
- [3] Vähöja Pekka. 2006. Oil Analysis in Machine Diagnostics. University of Oulu, Finland. <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9514280768.pdf>
- [4] Ashraf Abdullah. 2012. Distillation process of Crude oil. Thesis. Qatar University. https://www.researchgate.net/publication/261551891_Distillation_process_of_Crude_oil
- [5] Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi. Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar 48. Nomor : 3675 K/24/DJM/2006. Tanggal : 17 Maret 2006.
- [6] Worldwide Fuel Chart. Fifth Edition. September 2013. https://www.acea.be/uploads/publications/Worldwide_Fuel_Charter_5ed_2013.pdf
- [7] Abdurrahmana M. dkk. Possibility of Wax Control Techniques in Indonesian Oil Fields. Department of Petroleum Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Islam Riau. <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5028059>
- [8] Fuel News. Winter Diesel Problems. https://www.bp.com/content/dam/bp-country/en_au/media/fuel-news/winter-diesel-problems.pdf
- [9] Alkaff Saqaff A. dkk.. Heavy Fuel Oil (HFO) Operated Diesel Engine and Impacts of Sulphur Content on the Engine Life. Conference: The 4th International Operation and Maintenance Conference & Exhibition In the Arab Countries (OMAINTEC) In the Arab Countries (OMAINTEC). At: Beirut Lebanon 20 – 23 June 2005, P.287.
- [10] Itoh Yasuhiro. 2011. Used Engine Oil Analysis – User Interpretation Guide. The International Council on Combustion Engines, CIMAC. https://www.cimac.com/cms/upload/Publication_Press/Recommendations/Recommendation_30.pdf
- [11] Ljubas D., Krpan H., Matanoviæ I. 2010. Influence of engine oils dilution by fuels on their viscosity, flash point and fire point. <http://hecak.srce.hr/file/75680>.
- [12] Evans John. 2010. Where Does All That Metal Come From?. Issue 47. Technical Bulletins. WearCheck's. <http://www.wearcheck.co.za/downloads/bulletins/bulletin/tech47.pdf>
- [13] Anonim. Fuel Recnerfe dnaH b koo roF leseiD & eidoiB s le. <https://www.criticalfuelsystems.com/wp-content/uploads/2016/10/Website-Filtration-Diesel-Fuel-Testing-Guide.pdf>
- [14] Drew Troyer. 1999. Get Ready for More Soot In Engine Oil. Machinery Lubrication. Noria Publication. <https://www.machinerylubrication.com/Read/51/soot-oil-engine>