

PEMANFAATAN TEA (*Three Ethyl Amin*) DALAM PROSES PENJERNIHAN OLI BEKAS SEBAGAI BAHAN BAKAR PADA PELEBURAN ALUMINIUM

THE USE OF TEA (*Three Ethyl Amin*) IN EX-OIL FILTERING PROCESS AS THE MATERIAL FOR ALUMINIUM MELTING

Wahyu Purwo Raharjo

Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami Ketingan Surakarta

ABSTRAK

Nilai kalor yang terkandung dalam dalam oli bekas cukup tinggi sehingga oli bekas dapat digunakan sebagai bahan bakar. Walaupun demikian, oli tersebut masih mengandung kotoran dan memiliki viskositas yang cukup tinggi. Oleh karena itu sebelum digunakan, oli bekas perlu diberi perlakuan untuk mengurangi kotoran dan menurunkan viskositasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan penjemihan dengan bahan asam sulfat (H_2SO_4) dan three ethyl amin (TEA) terhadap karakteristik oli bekas, yaitu nilai kalor, viskositas kinematik, kandungan kotoran dan panas yang dihasilkan dari pembakarannya. Asam sulfat dipakai sebagai variabel tetap dan TEA sebagai variabel bebasnya. Perbandingan antara H_2SO_4 dengan oli bekas adalah 1:7, sedangkan antara TEA dan oli bekas ada empat variasi, yaitu 1:25, 1:30, 1:35, dan 1:40. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum perlakuan penjemihan yang dilakukan mampu meningkatkan nilai kalor serta menurunkan flash point, viskositas kinematik, kandungan karbon sisa (CCR), dan jumlah endapan. Hasil perlakuan yang paling optimum adalah pada perbandingan 1:40, dimana pada perbandingan ini nilai kalornya paling tinggi, viskositas kinematik dan kandungan CCR paling rendah serta titik nyala yang relatif rendah. Dibandingkan dengan oli tanpa perlakuan, temperatur yang dihasilkan dari pembakaran oli hasil perlakuan juga lebih tinggi. Penambahan TEA juga dapat mengubah warna oli bekas, yaitu semakin banyak TEA yang ditambahkan warna oli bekas akan semakin jernih. Dari hasil pembakaran oli yang telah di-treatment, oli dapat digunakan untuk mencairkan aluminium.

Kata Kunci: oli bekas, TEA, titik nyala, nilai kalor, viskositas kinematik, CCR

ABSTRACT

From the previous investigation, the heat value of used lubricating oil is so high, that it can be used as fuel. Nevertheless due to its high viscosity and particle content, before used it need a treatment to reduce them. The objective of this research is to study the effect of sulfuric acid (H_2SO_4) and three ethyl amin (TEA) on the characteristic of used lubricating oil, i.e. heat value, kinematic viscosity, particle content and the heat from its combustion. The sulfuric acid and used lubricating oil ratio is 1:7, meanwhile the TEA and used oil ratio is varied i.e. 1:25, 1:30, 1:35 and 1:40. The result of this research indicate that in general the chemical treatment is able to increase the heat value, decrease the flash point, kinematic viscosity, conradson carbon residue and the amount of sediment. The temperature resulted from the combustion of the treated used oil is higher than that of untreated used oil. From the used oils characteristics testing, the treatment 1:40 was the most optimal ratio. The TEA addition is able to change the oil colour. From the oil combustion investigation, the treated used oil is able to be used to melt aluminum.

Keywords: used lubricating oil, TEA, flash point, heat value, kinematic viscosity, CCR

PENDAHULUAN

Proses peleburan logam membutuhkan energi panas yang tinggi, yang dapat diperoleh melalui energi listrik maupun bahan bakar. Bahan bakar yang lazim dipakai untuk melebur logam adalah batubara (kokas), minyak solar dan minyak tanah.

Adanya krisis kokas benar-benar menyulitkan kalangan pengusaha industri pengecoran logam, Harga kokas yang semula hanya Rp. 3.500,-/kg sekarang naik menjadi 2 kali lipat. Pada saat yang sama harga minyak solar (LDO = *light diesel oil*) dan minyak tanah juga meningkat dengan drastis akibat kenaikan harga minyak di pasaran internasional. Sementara itu harga jual produknya tidak bisa langsung dinaikkan karena begitu banyaknya kompetitor yang menawarkan harga produk pengecoran yang bersaing. Oleh karena itu, alternatif bahan bakar yang lain perlu dicari.

Oli bekas, dari bengkel-bengkel kendaraan bermotor, dapat dipakai menjadi alternatif bahan bakar mengingat karakteristiknya setelah dilakukan proses pembersihan dari kotoran mirip dengan LDO. Apabila oli bekas ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar maka biaya bahan bakar dapat ditekan (harga

oli bekas Rp 500,- per liter). Selama ini oli bekas hanya dimanfaatkan untuk membakar batu kapur (Purwono, 1999).

Secara sederhana bahan bakar (*fuel*) dapat diartikan sebagai semua bahan yang dapat dibakar (Muin, 1998). Dalam pengertian yang lebih sempit, bahan bakar merupakan suatu bahan atau material yang dikonsumsi untuk menghasilkan energi. Dari pengertian di atas, maka terdapat sejumlah bahan yang dapat dibagi dalam tiga kelompok (Tjokrowisastro dan Widodo, 1990).

- a. Bahan yang dikonsumsi dalam proses pembakaran (reaksi kimia).
- b. Bahan yang digunakan pada reaktor nuklir (reaksi inti).
- c. Bahan yang dikonsumsi oleh makhluk hidup (metabolisme).

Secara umum bahan bakar diklasifikasikan berdasarkan kondisi fisiknya menjadi 3 kelompok (Tjokrowisastro dan Widodo, 1990), yaitu bahan bakar padat, sebagai contoh batubara, kayu dan arang; bahan bakar cair, sebagai contoh minyak bumi dan olahannya serta methanol dan etanol; dan bahan bakar gas.

Minyak bumi (*petroleum*) berasal dari kehidupan laut yang membusuk. Minyak mentah (*crude oil*) biasanya ditemui di dalam kubah karang berpori yang besar. Yang berperan penting dalam pembentukan minyak bumi hanya 2 unsur, yaitu C sebesar lebih dari 85% dan H sebesar 12-15%. (Djokosetyahardjo, 1999).

Minyak bumi dapat diolah lebih lanjut untuk menghasilkan berbagai jenis bahan bakar minyak dengan proses destilasi atau penyaringan, menjadi :

- a. Bensin (*gasoline*)

Bensin pada umumnya adalah campuran produk yang dihasilkan dari beberapa proses. Dengan pencampuran ini maka sifat bahan bakar bensin dapat diukur untuk memberikan karakteristik operasi sesuai dengan yang di inginkan.

- b. Minyak tanah (*kerosene*)

Kerosin biasa digunakan sebagai minyak bakar (*burning oil*), minyak lampu dan bahan bakar jet. Pada proses pembakaran, kerosene mempunyai kecenderungan menghasilkan asap hitam dan putih pada cerobong serta membentuk jamur pada sumbu. Asap hitam disebabkan karena struktur atom hidrokarbon sementara asap putih disebabkan oleh disulfida.

- c. Bahan bakar diesel (solar)

Bahan bakar diesel yang dijual di pasaran merupakan hasil dari destilasi langsung (*straight-run*), *cracking* atau merupakan campuran (*blending*). Bahan bakar diesel memiliki sifat mengeluarkan asap bila dikenai pembakaran dan viskositas yang cukup tinggi. Viskositas ini berpengaruh terhadap proses pengabutan. Bahan bakar diesel juga mengandung kadar belerang yang

tinggi, yang dapat menyebabkan keausan pada bagian mesin. Jika pada pembakaran solar dihasilkan *excess air* yang besar, maka akan terbentuk SO_3 , yang bila bercampur dengan H_2O akan membentuk asam belerang yang bersifat korosif. Kandungan S dibatasi secara ekonomis sampai 0,5 %.

d. Minyak pelumas (oli)

Oli adalah minyak pelumas mesin kendaraan maupun mesin produksi. Oli bekas dapat diperoleh dari pabrik-pabrik maupun dari bengkel kendaraan bermotor.

Secara umum terdapat 2 macam oli bekas, yaitu oli bekas industri (*light industrial oil*) dan oli hitam (*black oil*). Oli bekas industri relatif lebih bersih dan mudah dibersihkan dengan perlakuan sederhana, seperti penyaringan dan pemanasan. Oli hitam berasal dari pelumasan otomotif. Oli ini dalam pemakaiannya mendapat beban termal dan mekanis yang lebih tinggi. Dalam oli hitam terkandung partikel logam dan sisa pembakaran.

Setelah pemakaian beberapa lama sifat-sifat fisik dan kimia oli akan mengalami perubahan karena temperatur yang tinggi dan tekanan sehingga tidak memenuhi persyaratan lagi sebagai pelumas, terutama viskositasnya yang terlalu rendah. Sesudah dilakukan proses pembersihan dari kotoran, oli bekas diharapkan mempunyai karakteristik yang mirip dengan bahan bakar diesel (LDO = *light diesel oil*).

Untuk menghasilkan atomisasi yang sempurna pada sistem pembakaran *burner* diperlukan bahan bakar dengan viskositas 150–300 SSU. Oleh karena itu oli bekas harus disaring dan dipanaskan terlebih dahulu.

Karakteristik yang umum untuk menilai kinerja bahan bakar diesel antara lain viskositas, angka setana, berat jenis, titik tuang, nilai kalor pembakaran, volatilitas, kadar residu karbon, kadar air dan sedimen, indeks diesel, titik embun, kadar sulfur, dan titik nyala.

a. Berat jenis (*specific gravity* dan *degrees API*)

Berat jenis menunjukkan perbandingan berat per satuan volume. Pengukuran *specific gravity* dilakukan dengan cara membandingkan berat dari volume bahan bakar dibagi dengan berat air dengan volume yang sama dan diukur pada temperatur yang sama. Derajat API merupakan standar industri yang digunakan secara luas untuk mengukur *specific gravity* dari bahan bakar cair.

$$\text{Deg API} = \frac{141,5}{\text{SpGr } 60^0 / 60^0 F} - 131,5 \quad (1)$$

SpGr merupakan *specific gravity* bahan bakar cair. Angka 60^o/60^oF menyatakan bahwa deg API diukur pada temperatur 60 °F (15,6 °C).

b. Nilai kalor (*Heat value*)

Nilai kalor adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna 1 satuan berat bahan bakar padat atau cair atau 1 satuan volume bahan bakar gas pada keadaan baku. Nilai kalor atas (*gross heating value*) adalah kalor yang dihasilkan apabila semua air yang mula-mula berwujud cair setelah pembakaran mengembun menjadi cair kembali. Nilai kalor bawah (*net heating value*) besarnya sama dengan nilai kalor atas dikurangi kalor yang diperlukan oleh air yang terkandung dalam bahan bakar dan air yang terbentuk dari pembakaran bahan bakar untuk menguap pada 25 °C dan tekanan tetap. Nilai kalor dapat dihitung menggunakan persamaan 2 dan 3 (Hardjono, 2001).

$$\text{Nilai kalor atas} = 22.320 - (3.780 \times S.G^2) \text{ Btu/lb} \quad (2)$$

$$\text{Nilai kalor bawah} = 19.960 - (3.780 \times S.G^2) + (1.362 \times S.G) \text{ Btu/lb} \quad (3)$$

c. Kekentalan (*Viscosity*)

Untuk bahan bakar cair, viskositas menunjukkan tingkat kekentalan dari bahan bakar cair yaitu mengindikasikan kemampuannya untuk dapat dipompakan dan teratomisasi (Borman, 1998). Satuan viskositas dalam sistem cgs adalah poise (1 poise = 1 gr/sec.cm).

Proses atomisasi berpengaruh pada karakteristik nyala api yang dihasilkan pada pembakaran bahan bakar cair. Viskositas yang lebih tinggi akan membuat bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar dengan momentum tinggi dan memiliki kecenderungan untuk bertumbukan dengan dinding silinder yang relatif lebih dingin. Hal ini menyebabkan pemadaman *flame* serta peningkatan deposit dan emisi mesin.

Pada umumnya, bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar mudah mengalir dan teratomisasi, namun tetap ada batas minimal karena diperlukan sifat pelumasan yang cukup baik untuk mencegah terjadinya keausan pada komponen yang mengalami beban gesek.

d. Angka Setana

Angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri (*auto ignition*). Skala angka setana menggunakan referensi berupa campuran antara normal setana dengan *alpha methyl naphthalene*. Normal setana memiliki angka setana 100 sedangkan *alpha methyl naphthalene nol*. Angka setana

didefinisikan sebagai persentase volume dari normal setana dengan campurannya tersebut.

Angka setana yang tinggi menunjukkan bahwa bahan bakar dapat menyala pada temperatur yang relatif rendah dan sebaliknya, angka setana rendah menunjukkan bahan bakar baru dapat menyala pada temperatur yang relatif tinggi.

Penggunaan bahan bakar diesel dengan angka setana yang tinggi dapat mencegah terjadinya *knocking* karena begitu diinjeksikan ke dalam silinder pembakaran, bahan bakar akan langsung terbakar dan tidak terakumulasi.

e. Volatilitas

Volatilitas adalah sifat kecenderungan bahan bakar untuk berubah fasa menjadi uap. Tekanan uap yang tinggi dan titik didih yang rendah menandakan tingginya volatilitas. Sifat ini erat kaitannya dengan kemudahan mesin untuk distart.

f. Kadar residu karbon

Residu karbon adalah residu yang berbentuk karbon sebagai sisa pembakaran bahan bakar cair oleh oksigen. Kadar residu karbon menunjukkan kadar fraksi hidrokarbon yang mempunyai titik didih lebih tinggi dari *range* bahan bakar. Residu karbon ini akan menumpuk dalam ruang pembakaran yang dapat mengurangi kinerja mesin. Pada temperatur tinggi deposit karbon ini dapat membara, sehingga menaikkan temperatur silinder pembakaran.

g. Kadar air dan sedimen

Di negara yang mempunyai musim dingin, kandungan air dalam bahan bakar dapat membentuk kristal yang dapat menyumbat aliran bahan bakar. Adanya air juga dapat menyebabkan korosi dan pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan penyumbatan. Sedimen juga dapat menyebabkan penyumbatan dan kerusakan mesin.

h. Kadar sulfur

Kadar belerang dalam bahan bakar diesel dari hasil penyulingan pertama (*straight-run*) sangat bergantung pada asal minyak mentah. Pada umumnya, kadar S dalam bahan bakar diesel adalah 50-60% dari kandungan-kandungan dalam minyak mentahnya. Kandungan S yang berlebihan dapat menyebabkan keausan pada bagian-bagian mesin.

i. Titik nyala (*flash point*)

Titik nyala adalah temperatur terendah dimana bahan bakar cair dapat menyala apabila nyala api didekatkan padanya. Titik nyala mengindikasikan

temperatur maksimum dimana bahan bakar cair dapat disimpan dengan aman (Borman, 1998).

Wentz (1998), menyatakan bahwa proses pembakaran memerlukan 4 faktor penting yaitu (a) tersedia bahan bakar yang dapat terbakar, (b) panas yang cukup untuk menaikkan temperatur bahan bakar hingga titik penyalaan, (c) terdapat udara yang cukup untuk mensuplai oksigen yang diperlukan untuk menjaga proses pembakaran tetap berjalan dan mempertahankan suplai panas yang cukup sehingga memungkinkan terjadinya penyalaan bahan bakar dan (d) terjadinya reaksi kimia berantai sehingga reaksi pembakaran dapat berkelanjutan.

Oli bekas dapat dibakar secara langsung menggunakan alat bakar (*burner*) karena oli bekas memiliki nilai kalor. Masalah yang ditemui adalah terdapatnya kandungan air dalam oli bekas. Air menyerap energi yang cukup besar untuk proses penguapan menjadi gas. Kotoran seperti abu dan logam akan mengotori alat bakar sehingga membutuhkan perawatan secara teratur (Kress, 2000). Oleh karena itu oli bekas perlu dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran-kotoran tersebut.

Oliver (2000) melakukan percobaan mencairkan logam (aluminium, kuningan dan besi cor) menggunakan *burner* rancangannya sendiri dengan bahan bakar oli bekas. Oli terlebih dahulu disaring menggunakan *strainer*. Dari percobaan yang dilakukan didapatkan bahwa oli bekas dapat digunakan untuk mencairkan logam. Walaupun demikian nyala yang dihasilkan belum sempurna karena masih menimbulkan asap.

Edward (1993) menyatakan bahwa emisi oli bekas dapat dikendalikan dengan *pretreatment*. *Pretreatment* juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran, menurunkan erosi dan korosi alat bakar. *Pretreatment* yang paling umum adalah pengendapan yang dilanjutkan dengan penyaringan. Cara ini dapat menghilangkan air dan partikel-partikel yang berukuran besar, namun tidak berpengaruh terhadap sulfur, nitrogen dan klorin. Cara lain adalah dengan melakukan kontak dengan lempung, penghilangan logam dengan asam, pelarut, zat kimia dan perlakuan panas untuk menghilangkan kandungan air.

Garton (2004) menyatakan bahwa proses daur ulang oli bekas dapat dilakukan melalui 7 tahap. Pertama, penyaringan menggunakan *strainer* untuk menyaring partikel berukuran besar serta air berminyak. Kedua, pemanasan untuk menurunkan kandungan air hingga dibawah 1%. Ketiga, perlakuan kimia untuk menghilangkan logam, abu, air dan padatan. Keempat, *thin film evaporation* dengan distilasi vakum untuk menghasilkan bahan bakar diesel. Kelima, proses *propane de asphaltting* yang menghasilkan bahan bakar diesel dan oli. Keenam, *thermal cracking* di atas temperatur 300°C dan menghasilkan bahan bakar diesel. Yang terakhir adalah *solvent extraction*, yang menghasilkan minyak pelumas dengan kualitas tinggi.

METODE PENELITIAN

Pengolahan Oli Bekas

Peralatan yang digunakan meliputi kompor/pemanas, ember logam dan plastik serta pengaduk. Bahan yang digunakan meliputi oli bekas, TEA (Three Ethyl Amin) dan asam sulfat (H_2SO_4). Skema pengolahan oli bekas dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Skema Pengolahan Oli Bekas

Pada tahap 1, Oli bekas dipanaskan pada temperatur $\pm 180^\circ C$ untuk menghilangkan kandungan air yang dapat menghambat proses penjernihan dan penerapan karbon. Oli bekas kemudian didinginkan hingga temperatur $\pm 30^\circ C$.

Tahap 2, Oli bekas dicampur dengan asam sulfat (H_2SO_4) dengan perbandingan 1:7. Setelah itu, campuran tersebut diaduk hingga menjadi kemerah-merahan. Tahap 3, Campuran tersebut dididihkan selama 1 jam. Ember yang digunakan adalah ember plastik yang dicelupkan ke dalam larutan H_2SO_4 .

Tahap 4, Campuran tersebut dididihkan selama 24 jam. Setelah itu, endapan hitam dipindahkan ke ember lain. Tahap 5, Campuran tersebut dididihkan kembali hasil perlakuan tahap 2. TEA dimasukkan ke ember kecil dengan perbandingan bervariasi, yaitu 1:25, 1:30, 1:35 dan 1:40. Pengadukan dilakukan 90 menit hingga terjadi perubahan warna menjadi kehijau-hijauan. Setelah itu dilakukan pengendapan selama 24 jam.

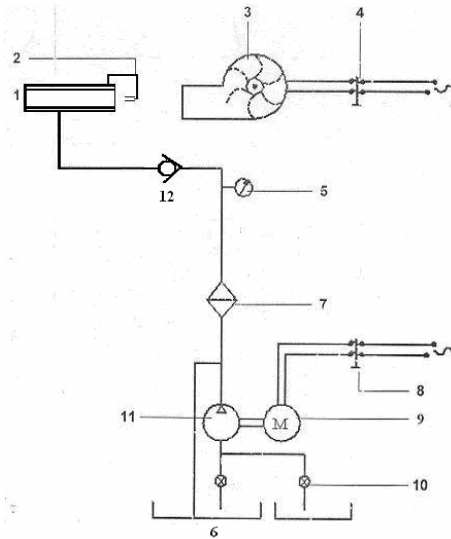
Pada tahap 4 akan didapatkan oli bersih yang terpisah dengan kotoran. Kotoran oli bekas akan memisah dan mengendap di bagian bawah ember. Langkah terakhir adalah memisahkan oli bersih dari endapannya secara manual.

Pembuatan Alat Bakar

Alat bakar (*burner*) yang digunakan untuk pembakaran oli bekas adalah jenis *vaporizing burner*. Rangkaian dari alat ini dapat dilihat pada gambar 2. Pompa pada alat ini digerakkan oleh motor listrik. Fungsi pompa adalah menghisap oli bekas dari reservoir untuk diisikan ke *double jacket*. Sebelum masuk

ke *double jacket*, oli terlebih dahulu disaring menggunakan *catridge filter* untuk menyaring kotoran yang ikut terbawa oleh aliran oli. Banyaknya oli yang masuk ke *double jacket* dapat diatur menggunakan katup.

Di dalam *double jacket* oli bekas dikenai pemanasan mula dari luar sehingga oli akan berubah menjadi uap. Karena adanya pemanasan, tekanan di dalam *double jacket* akan meningkat sehingga uap akan terdorong keluar melalui nozel pada bagian outlet. Uap tidak akan terdorong keluar melalui inlet karena pada bagian ini dipasang katup satu arah. Uap yang keluar dari nozel diberi api pembakar sehingga terjadi nyala api. Nyala api yang terjadi akan membakar/memanasi *double jacket*, sehingga pemanasan *double jacket* ini tidak perlu lagi pemanas dari luar.



Gambar 2. Rangkaian Alat Bakar

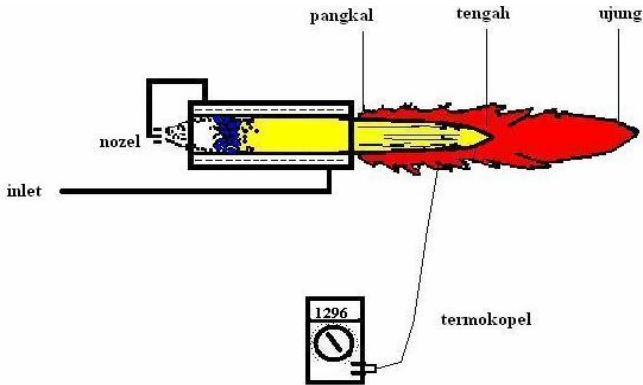
Keterangan :

- | | | |
|----------------------|---------------------|-------------------|
| 1. Double jacket | 5. Pressure gauge | 9. Electric motor |
| 2. Sleeve dan nozzle | 6. Reservoir | 10. Valve |
| 3. Blower | 7. Cartridge filter | 11. Pump |
| 4. Switch | 8. Switch | 12. Valve |

Pengujian Oli Bekas

Tujuan dari pengujian oli bekas adalah untuk mengetahui karakteristik oli bekas dan oli hasil perlakuan, meliputi pengujian *flash point*, kandungan air, *specific gravity*, viskositas kinematik dan *conradson carbon residue (CCR)*. Pengujian oli bekas ini diakhiri dengan uji coba pembakaran.

Data hasil uji coba pembakaran berupa temperatur nyala api. Pengukuran temperatur dilakukan di 3 titik nyala api, yaitu titik terdekat, titik pertengahan dan titik terjauh dari *burner*. Dalam pengambilan data semua variasi pembakaran dianggap konstan. Skema pengambilan data temperatur pembakaran oli bekas dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Skema Pengambilan Data Temperatur Pembakaran Oli Bekas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian karakteristik oli bekas diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel Karakteristik Oli Bekas Tanpa Perlakuan dan Hasil Perlakuan

No	Karakteristik	Kode Sampel				
		Oli bekas	1:25	1:30	1:35	1:40
1	Spesific gravity 60/60°F	0,9056	0,8866	0,8926	0,8886	0,8762
2	Flash Point C.O.C, °C	204	142	147	160	144
3	Viskositas Kinematik 100 °F, cst	93,15	68,23	90,93,	64,81,	60,76
4	Viskositas Kinematik 40 °C, cst	85,05	63,23	71,95	58,78	55,19
5	Viskositas Kinematik 100 °C, cst	10,58	9,374	9,904	8,649	8,604
6	Carbon Residu, %wt	1,780	1,055	1,691	1,359	0,339
7	Kandungan Air, % vol	0,2	0,7	1,0	1,1	0,4
8	Endapan, %wt	0,368	0,266	0,294	0,278	0,331

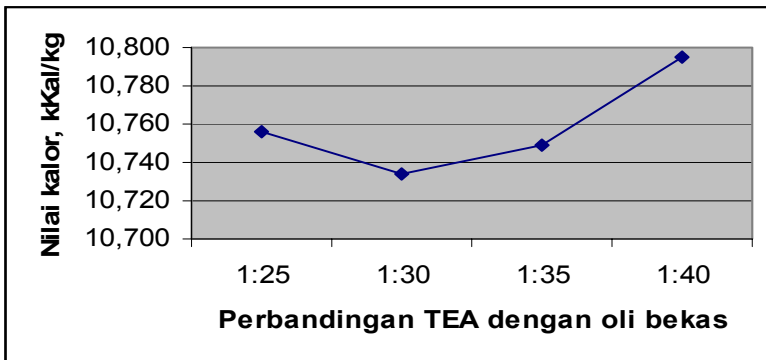
Analisis Nilai Kalor

Besarnya nilai kalor atas oli bekas dapat dihitung menggunakan persamaan 2. Besarnya nilai kalor untuk masing-masing contoh diperlihatkan dalam tabel 2 dan gambar 4.

Tabel 2. Nilai Kalor Oli Bekas Tanpa Perlakuan dan Oli dengan Perlakuan

HHV	Kode Sampel				
	Oli bekas	1:25	1:30	1:35	1:40
kKal/kg	10684,912	10756,469	10734,036	10749,008	10794,994

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan penjernihan terhadap oli bekas secara umum dapat meningkatkan nilai kalor pembakarannya. Hal ini disebabkan kandungan CCR dan endapan pada oli bekas mengalami penurunan, yang menyebabkan *specific gravity* oli turun sehingga derajat API meningkat. Hal ini dapat dilihat dari persamaan 2, dimana derajat API berbanding terbalik dengan SpGr. Sementara itu panas pembakaran akan meningkat dengan naiknya derajat API atau naiknya kandungan hidrogen. (A. Hardjono, 2001).



Gambar 4. Grafik Nilai Kalor Oli Bekas terhadap Perlakuan TEA

Di antara semua perlakuan penjernihan, nilai tertinggi didapatkan pada perbandingan 1:40 diikuti 1:25 dan 1:35, sementara nilai terendah didapatkan pada perlakuan 1:30. Pengaruh perlakuan TEA terhadap kenaikan ataupun penurunan nilai kalor tidak linear. Pada proses pengendapan, partikel kotoran

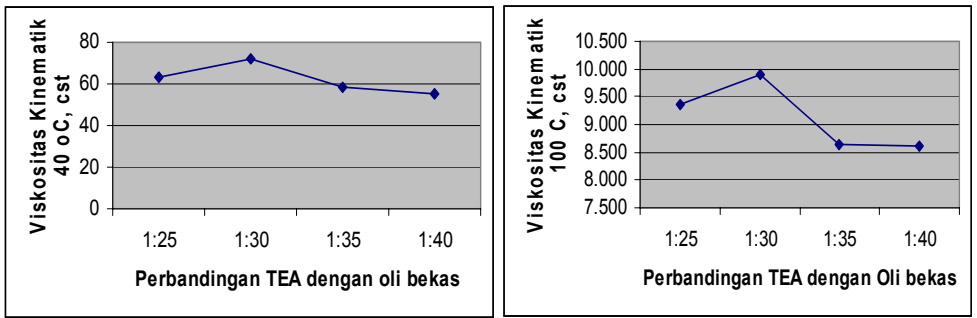
yang memiliki ukuran lebih besar akan mengendap lebih dulu dibandingkan yang lebih kecil. Oleh karena itu cairan yang berada pada di atas akan memiliki kemurnian yang lebih baik dan berat yang lebih rendah dibandingkan dengan cairan di bawahnya (Brown, 1956). Oli hasil perlakuan H_2SO_4 yang diendapkan selama 24 jam kemungkinan memiliki karakteristik yang berbeda untuk setiap posisi ketinggian terhadap permukaan ember. Besarnya nilai kalor pada setiap perlakuan TEA menunjukkan posisi oli bekas saat pengendapan dari perlakuan asam sulfat (gambar 5).

Gambar 5. Proses Perlakuan TEA terhadap Oli Bekas

Semakin ke bawah posisi oli bekas pada perlakuan pengendapan H_2SO_4 , semakin banyak pula kotoran yang terdapat di dalamnya. Kecenderungan yang terjadi pada produk minyak bumi adalah jika bahan bakar tersebut memiliki kandungan kotoran yang besar maka berat jenisnya juga akan besar sehingga nilai kalornya turun. Dari hasil pengujian didapatkan data endapan dan CCR yang paling tinggi adalah pada perlakuan 1:30 sedangkan yang paling rendah adalah pada perlakuan 1:40 diikuti perlakuan 1:25 dan 1:35. Dari data pengujian, didapatkan kecenderungan garis yang serupa untuk grafik CCR dan *specific gravity*. Hal ini menunjukkan adanya korelasi antara keduanya. Lebih jauh lagi nilai-nilai ini akan mempengaruhi besarnya nilai kalor oli bekas.

Analisis Viskositas Kinematik

Grafik viskositas kinematik sebagai fungsi perbandingan TEA dengan oli bekas dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Viskositas Kinematik terhadap Variasi Perlakuan TEA (a) Viskositas Kinematik pada 40 °C, (b) Viskositas Kinematik pada 100 °C

Dari kedua grafik di atas terlihat bahwa perlakuan penjernihan dapat menurunkan viskositas kinematik oli bekas akibat proses pemanasan dan pengendapan kotoran. Partikel-partikel pengotor yang terdapat pada oli bekas sebagian besar diikat oleh H_2SO_4 dan mengendap di dasar ember. Kotoran yang dihasilkan dari proses ini hampir mencapai 25% dari volume oli bekas. Sebagian kecil partikel yang tidak terikat oleh H_2SO_4 akan terikat oleh TEA walaupun endapan yang dihasilkan tidak sebanyak yang dihasilkan dari proses H_2SO_4 .

Viskositas kinematik cenderung makin meningkat dengan makin banyaknya kandungan TEA. Hal ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh faktor viskositas kinematik TEA sendiri yang lebih besar dibanding oli bekas yang telah dipanaskan dan diberi perlakuan H_2SO_4 . Viskositas kinematik oli bekas menurun dari perlakuan 1:25, 1:35 dan 1:40, namun pada perbandingan 1:30 nilai viskositas kinematik lebih besar dibandingkan yang lain. Hal ini kemungkinan disebabkan oli dengan perlakuan 1:30 adalah oli yang berada dekat dengan endapan pada perlakuan H_2SO_4 sehingga kotorannya lebih banyak dibanding yang lainnya.

Fakta ini didukung dengan data CCR dan data endapan dari hasil pengujian. CCR dan endapan merupakan unsur pengotor yang terdapat pada oli bekas. Dari hasil pengujian kedua sifat tersebut diperoleh hasil bahwa nilai tertinggi adalah pada perlakuan 1:30 sementara yang terendah adalah pada perlakuan 1:40 diikuti dengan 1:25 dan yang terakhir adalah 1:35. Naik turunnya garis pada ketiga kurva yaitu kurva viskositas kinematik, kurva endapan dan kurva CCR adalah sama.

Analisis Nilai CCR

Data pengujian menunjukkan nilai *conradson carbon residue* (CCR) dan endapan pada oli hasil perlakuan mengalami penurunan akibat terikatnya kotoran oleh bahan kimia yang digunakan dalam perlakuan. Kotoran yang terikat kemudian diendapkan dan dipisahkan sehingga didapatkan oli yang lebih bersih.

Dari data pengujian kandungan CCR (tabel 1) dapat dihitung besarnya penurunan kandungan CCR dalam %. Besarnya penurunan kandungan CCR dihitung dengan persamaan 4.

(4)

Contoh perhitungan untuk perlakuan 1:25:

$$\text{Penurunan CCR (\%)} = \frac{1,780 - 1,055}{1,780} \times 100\% = 41,4\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh data penurunan kandungan CCR untuk perlakuan 1:25, 1:30, 1:35 dan 1:40 berturut-turut sebesar 41.4 %, 5 %, 23.65 % dan 80.95%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa penurunan kandungan CCR yang dihasilkan dari perlakuan pemurnian ini cukup besar hingga mencapai 80.95 %, yaitu pada perlakuan 1:40. namun juga didapatkan penurunan yang sangat kecil sebesar 5 %, yaitu pada 1:30. Perbedaan penurunan kandungan CCR ini lebih dipengaruhi oleh perlakuan H_2SO_4 karena diperoleh endapan yang jauh lebih besar dibanding pada perlakuan TEA. Penurunan kandungan CCR paling besar adalah pada perlakuan 1:40 sedangkan yang paling rendah pada 1:30. Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan H_2SO_4 , sifat oli tidak homogen pada setiap posisi terhadap endapan. Semakin dekat dengan endapan kandungan CCR oli semakin besar.

Analisis Warna

Oli dengan perlakuan memiliki warna yang lebih jernih dibanding dengan oli bekas tanpa perlakuan. Walaupun demikian tidak semua perlakuan menghasilkan warna yang dapat diuji menggunakan standar ASTM. Dari 4 perlakuan, perbandingan 1:25 yang menghasilkan warna paling terang yaitu dengan nilai 3.0. Jika dibandingkan dengan oli yang ada di pasaran, warna oli

hasil perlakuan 1:25 ini sama dengan oli Mesran Super Baru SAE 20W-50.

Dalam standar ASTM, warna yang paling gelap diberi nilai 8 sedangkan untuk warna paling terang diberi nilai 0. Pada perlakuan 1:30 warna oli yang dihasilkan masih berkabut, sedangkan kedua perlakuan yang lain menghasilkan warna yang lebih gelap. Ketiga oli tersebut pada pengujian ASTM masuk pada kategori D 8, artinya warna oli tidak terdeteksi karena terlalu gelap. Hal ini membuktikan bahwa semakin banyak TEA yang digunakan, warna oli yang dihasilkan akan lebih jernih. Warna produk yang mengalami diskolorisasi dapat disebabkan karena masih terdapatnya bahan yang berwarna gelap di dalam suatu produk (Hardjono, 2001).

Analisis Indeks Viskositas

Indeks viskositas dari produk minyak bumi dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$\text{Penurunan CCR (\%)} = \frac{1,780 - 1,055}{1,780} \times 100\% = 41,4\% \quad (5)$$

dimana,

L = viskositas kinematik, dalam cst (mm^2/s), pada 40°C dari minyak dengan indeks 0 mempunyai viskositas kinematik yang sama pada 100°C dengan indeks viskositas minyak dihitung.

H = viskositas kinematik, dalam cst (mm^2/s), pada 40°C dari minyak dengan indeks 100 mempunyai viskositas kinematik yang sama pada 100°C dengan indeks viskositas minyak dihitung

U = viskositas kinematik, dalam cst (mm^2/s), pada 40°C dari minyak yang indeks viskositasnya dihitung.

Contoh perhitungan untuk perlakuan 1:25 :

L dan H dicari dengan cara interpolasi pada data ASTM D 2270 tabel 1. nilai dasar untuk L dan H untuk viskositas kinematik antara 40°C - 100°C . Dari perhitungan diperoleh nilai L= 131,456 dan H=75,04, sedangkan U=63,32 (dari tabel 1), sehingga;

$$\text{VI} = \frac{131,456 - 63,23}{131,456 - 75,4} \times 100 = 121,71$$

Nilai indeks viskositas dari oli bekas dan oli hasil perlakuan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai Indeks Viskositas Oli Bekas dan Oli Hasil Perlakuan

Sifat	Kode Sampel				
	Oli bekas	1:25	1:30	1:35	1:40
Indeks Viskositas	106,15	121,71	115,36	117,23	123,88

Data di atas menunjukkan bahwa indeks viskositas oli hasil perlakuan memiliki nilai lebih besar dibanding oli tanpa perlakuan. Perlakuan penjernihan ternyata juga memiliki fungsi memperbaiki sifat oli sebagai minyak pelumas, di antaranya meningkatnya ketahanan panas dari oli. Sifat ini tidak sesuai dengan yang diharapkan, karena diinginkan sifat oli bekas memiliki viskositas dan indeks viskositas yang rendah.

Analisis Temperatur Nyala Api Hasil Pembakaran Oli Bekas

Pembakaran oli bekas dilakukan menggunakan *vaporizing burner* dengan bukaan katup 0,5 dan tekanan pompa 1,5 Bar untuk semua jenis variasi perlakuan oli. Data temperatur nyala api yang diambil yaitu pada titik terdekat dengan mulut *double jacket* atau titik pangkal yang berjarak 1 cm dari mulut *double jacket*. Karena panjang nyala api adalah berkisar antara 25-30 cm, titik tengah nyala api diambil sejauh 12-15 cm dari mulut *burner* dan titik terjauh diambil pada ujung nyala api atau sejauh 25-30 cm dari mulut *burner*. Data temperatur nyala api yang diperoleh dari pembakaran oli bekas diperlihatkan dalam tabel 4.

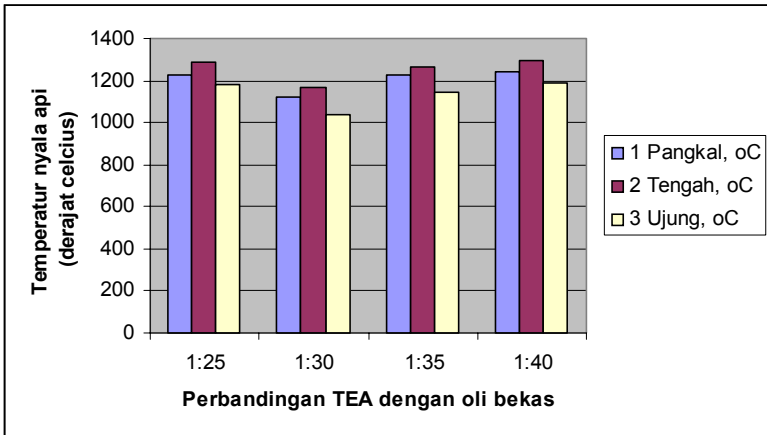
Tabel 4. Temperatur Nyala Api pada Pembakaran Oli Bekas dan Oli Hasil Perlakuan.

No	Posisi Terhadap Mulut <i>Burner</i>	Kode Sampel				
		Oli bekas	1:25	1:30	1:35	1:40
1	Pangkal, °C	1030	1230	1124	1225	1244
2	Tengah, °C	1058	1290	1164	1261	1296
3	Ujung, °C	983	1183	1040	1146	1187

Data di atas menunjukkan bahwa temperatur nyala api pembakaran oli hasil perlakuan penjernihan lebih tinggi dibanding oli bekas tanpa perlakuan.

Hal ini disebabkan oli hasil perlakuan memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibanding oli tanpa perlakuan sehingga panas yang dihasilkan akan lebih tinggi. Disamping itu oli hasil perlakuan memiliki kandungan endapan dan CCR yang juga lebih rendah. Pada pembakaran oli bekas, kotoran yang berupa endapan dan CCR akan menyerap panas sehingga apabila dibakar akan menghasilkan panas yang lebih kecil.

Perbandingan temperatur nyala api antara keempat oli hasil perlakuan penjernihan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Temperatur Nyala Api di Tiga Posisi yang Berbeda terhadap Mulut *Burner* pada Pembakaran Oli Bekas dan Oli Hasil Perlakuan

Dari grafik di atas terlihat bahwa panas tertinggi adalah pada posisi tengah. Hal ini disebabkan nyala api yang terbentuk dari pembakaran oli bekas terdiri atas 2 bentuk yaitu inti nyala api dan lidah api yang menyelimuti inti nyala api. Pada percobaan yang dilakukan ujung dari nyala api terletak pada posisi tengah dari pengambilan data, pada titik tersebut memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan nyala api di 2 titik yang lain.

Analisis Pencairan Aluminium dengan Oli Hasil Perlakuan Penjernihan

Alat bakar yang digunakan adalah *vaporizing burner* dengan tekanan 1,5 bar dan bukaan katup 0.5. Tempat untuk menampung logam cair adalah kowi baja yang bagian dalamnya dilapisi dengan batu tahan api yang diikat dengan semen tahan api. Kowi ini diberi penutup di bagian atas yang terbuat dari plat besi yang dilapisi semen tahan api.

Pencairan aluminium menggunakan oli dengan perlakuan 1:40. Pertimbangannya adalah oli ini memiliki kandungan CCR paling rendah dan temperatur nyala api yang dihasilkan juga cukup tinggi. Massa aluminium yang hendak dicairkan adalah 1 kg.

Dari percobaan yang dilakukan ternyata aluminium sudah dapat mencapai titik cair dalam waktu ± 10 menit dan mencair secara keseluruhan dalam waktu ± 15 menit. Dari pengukuran temperatur ruang kowi tercatat data 1116 °C. Hal ini berarti kowi yang digunakan sudah mampu menyimpan panas yang cukup untuk meleburkan aluminium.

SIMPULAN

1. Dengan perlakuan penjernihan, *spesific gravity* oli bekas menjadi lebih rendah. sehingga nilai kalornya meningkat. Sementara itu titik nyala, viskositas kinematik, kandungan CCR dan endapan turun. Hal ini disebabkan kotoran pada oli bekas dapat diikat oleh asam sulfat dan memisah dari oli bekas. Dari pengujian standar ASTM warna oli bekas dengan perlakuan 1:25 mempunyai nilai 3, sedangkan untuk hasil ketiga perlakuan lainnya tidak dapat dideteksi karena terlalu gelap.
2. Dari semua perlakuan TEA diperoleh hasil perlakuan yang paling optimum adalah pada perbandingan 1:40 dengan nilai kalor yang paling tinggi, viskositas kinematik dan CCR paling rendah serta titik nyala yang juga rendah.
3. Semakin banyak penambahan TEA, warna oli yang dihasilkan akan semakin jernih.
4. Temperatur pembakaran oli bekas cukup tinggi (temperatur tertinggi yang terukur adalah 1290 °C). Dengan konstruksi kowi yang sederhana oli bekas dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk mencairkan aluminium.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 2270-86. *Standard Practice for Calculating viscosity Index From Kinematic Viscosity at 40 and 100°C*
- Borman, G.L., 1998, *Combustion Engineering*, Singapore: McGraw Hill Book Company
- Brown, G.G., 1956, *Unit Operations*, New York: John Wiley and Sons, inc.

- Edward, A., et.al., 1993, *Emission factor Documentation For AP-42 Section 1.11 Waste Oil Combustion*, pp 2-ix.
- Djokosetyohardjo, M.J., 1999, *Ketel Uap*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- Garton, J., 2004. *Independent Review of the Transitional Assistance Element of the Product Stewardship for Oil (PSO) Program*. pp 13
- Hardjono, A., 2001, *Teknologi Minyak Bumi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kress, D., *End Uses for Used Oil, This first in a series of three articles about the used oil industry examines the various end uses of used oil*, pp2.
- Muin, S.A., 1988, *Pesawat-pesawat Konversi Energi I: Ketel Uap*, Jakarta: CV. Rajawali.
- Nelson, W.L., 1985, *Petroleum Refinery Engineering*, Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Oliver, L., 2000, *How I made a waste oil burner on budget*. www. Backyard Metal Casting. com
- Purwono, S., 1999, *Koefisien Perpindahan Panas Konveksi pada Pemisahan Fraksi Ringan Minyak Pelumas Bekas*, Prosiding Seminar Nasional Dasar-dasar dan Aplikasi Perpindahan Panas dan Massa, ISBN 979-95620-0-7, Yogyakarta, 9-10 Maret 1999, pp. 71-76.
- Sujono dan Rohmat, T.A, *Simulasi Numerik Karakteristik Pembakaran Bahan Bakar Cair Pada Aliran Double Concentric Difusion Jet Flame Dengan CFD*, 2002
- Sumowidagdo, S.K. dan Nugroho, Y.S. *Prediksi Sifat Pembakaran Spontan Batubara Berdasarkan Laju Konsumsi Oksigen*.
- Surdia, T., 1986, *Teknik Pengecoran Logam*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- Tjokrowisastro, E.H. dan Widodo, B., 1990, *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*, Surabaya.
- Wentz, C.A., 1998, *Replacing Conventional Cupola With Cokeless Cupola*, SMI Newsletter, Oktober-Desember 2003, Vol. 5, No. 4.