

PEMANFAATAN OLI BEKAS DENGAN PENCAMPURAN MINYAK TANAH SEBAGAI BAHAN BAKAR PADA *ATOMIZING BURNER*

THE USE OF TRACE OIL WITH PETROLEUM BLENDED AS FUEL IN BURNER *ATOMIZING*

Wahyu Purwo Raharjo

Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36 A Ketingan Surakarta

ABSTRAK

Selama ini oli bekas belum dimanfaatkan secara optimal, baru digunakan untuk membakar batu kapur. Saat ini terdapat metode alternatif untuk mendaur ulang pelumas bekas ini yaitu dengan menambahkan asam sulfat pekat dan lempung, serta dengan mendistilasikannya hingga temperatur 200oC. Cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan mencampurkannya dengan bahan bakar lain yang lebih encer, seperti minyak tanah. Pelumas bekas yang telah dicampur dengan minyak tanah selanjutnya dipakai sebagai bahan bakar menggunakan atomizing burner bertekanan tinggi. Dalam penelitian ini oli bekas dicampur dengan minyak tanah dengan perbandingan volume minyak tanah 10%, 20%, 30% dan 40%. Kebutuhan udara selama pembakaran berasal dari blower dengan debit udara 8m²/s. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar campuran minyak tanah pada oli bekas terhadap sifat-sifat fisik bahan bakar dan temperatur pembakaran. Dari penelitian diperoleh bahwa kadar campuran minyak tanah yang semakin tinggi akan menurunkan viskositas serta titik nyala bahan bakar. Nilai kalor bahan bakar semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar campuran. Dari pembakaran bahan bakar hasil perlakuan, didapatkan bahwa temperatur paling tinggi diperoleh pada titik tengah nyala api. Temperatur paling tinggi diperoleh pada campuran 30% dan terendah pada campuran 10%.

Kata Kunci: Pelumas bekas, destilasi, atomizing burner, dan viskositas.

ABSTRACT

So far the used lubricating oil has not been utilized optimally, it has been used for burning in limekiln. There are alternative methods to recycle i.e. by adding concentrated H₂SO₄ and clay, and by distilling it up to 200oC. The other method which can be done is by mixing it with the lighter fuel, like kerosene. Then the used lubricating oil mixed by kerosene is used as fuel using a high pressure atomizing burner. In this research, the used lubricating oil is mixed with 10%, 20%, 30% and 40% volume of kerosene. The air required for the combustion is supplied from the blower with air flow rate 8 m²/s. The aim of this research is to study the effect of variation of kerosene content in the used lubricating oil-kerosene mixture on the physical properties of the fuel and combustion temperature. From this research, it indicates that the higher percentage of kerosene, the lower fuel viscosity and flash point. The

heat value of fuel raise with the increase of the kerosene content. From the combustion of fuel, the highest temperature is obtained in the center point of the flame. The highest temperature is resulted from the mixture of 30% kerosene and the lowest temperature is from the mixture of 10% kerosene.

Keywords: *Used lubricating oil, distillation, atomizing burner, and viscosity.*

PENDAHULUAN

Kenaikan harga minyak mentah di pasaran internasional yang melampaui 70 dollar AS per barel (Indartono, 2005) benar-benar menyulitkan Pemerintah Indonesia dimana pada APBN 2005 harga minyak diasumsikan hanya sebesar 24 dollar AS per barel. Pemerintah berada dalam posisi yang dilematis. Kebijakan-sanaan untuk menaikkan harga penjualan BBM di dalam negeri walaupun dapat mengurangi subsidi namun dampaknya akan dirasakan langsung oleh masyarakat maupun industri kecil yang sangat besar ketergantungannya di bidang transportasi dan energi. Sementara itu dengan tidak menaikkan harga BBM, dengan harga minyak dunia yang tinggi, subsidi yang diberikan Pemerintah akan membesar sehingga mengurangi kemampuan untuk membiayai pembanguan di sektor lain.

Hal ini secara jelas membuktikan bahwa Indonesia sudah merupakan *net oil importer country* dimana walaupun merupakan negara pengeksport minyak namun kebutuhan BBM di Indonesia sudah sedemikian tinggi sehingga perlu mengimpor minyak dalam jumlah besar. Sejak mencapai puncaknya pada tahun 1980-an, produksi minyak Indonesia yang pada waktu itu 1,6 juta barel/hari terus menurun hingga menjadi hanya 1,2 juta barel/hari. Sementara itu pertumbuhan konsumsi energi dalam negeri mencapai 10 % per tahun (Indartono, 2005).

Walaupun tidak dikategorikan sebagai bahan bakar minyak namun minyak pelumas sangat penting dikaitkan dengan bidang otomotif dan industri. Berdasarkan sumber dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas (Ditjen Migas), konsumsi minyak pelumas (oli) di Indonesia, baik untuk otomotif maupun mesin-mesin industri mencapai 650 juta liter per tahun dengan peningkatan sekitar 7-10 persen per tahun. Dengan asumsi oli yang terbakar atau terbuang dalam pemakaian mencapai 20%, maka dalam satu tahun diperoleh *supply* oli bekas sebesar 520 juta liter per tahun atau 1.420 kiloliter per hari.

Selama ini minyak pelumas bekas, selain dibuang, dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada industri batu gamping atau dibakar begitu saja. Pembakaran minyak pelumas bekas secara langsung dikhawatirkan akan menimbulkan pencemaran udara yang tinggi. Proses untuk membakar oli bekas sangat sulit, hal ini karena ikatan karbon dalam oli bekas yang panjang sehingga sulit dalam pemecahannya (*cracking*). Selain itu dalam oli bekas terdapat kontaminan baik secara fisik (*debris* logam dan abu) maupun secara kimiawi (pelarut dan air).

Salah satu proses *treatment* yang mudah adalah dengan mencampur oli bekas dengan minyak tanah. Dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh kadar campuran oli bekas-minyak tanah terhadap sifat-sifat fisik bahan bakar dan temperatur pembakaran.

Oli biasanya diperoleh dari pengolahan minyak bumi yang dilakukan melalui proses destilasi bertingkat berdasarkan perbedaan titik didihnya. Pada saat ini oli dapat juga dihasilkan dari sampah plastik polietilena melalui proses pirolisis (Justiana dan Hardanie, 2005). Polietilena lebih dikenal sebagai bahan untuk membuat botol plastik.

Menurut *US Environmental Protection Agency (EPA's)*, proses pembuatan oli melalui beberapa tahap, yaitu :

1. Distilasi
2. *Deasphalting* untuk menghilangkan kandungan aspal dalam minyak
3. Hidrogenasi untuk menaikkan viskositas dan kualitas
4. Pencampuran katalis untuk menghilangkan lilin dan menaikkan temperatur pelumas parafin
5. *Clay or hydrogen finishing* untuk meningkatkan warna, stabilitas dan kualitas oli pelumas

Sifat-sifat fisik minyak, termasuk pelumas, secara umum meliputi:

1. *Specific Gravity* dan *Degrees API*

Spesific gravity merupakan perbandingan berat dari volume bahan bakar dibagi dengan berat air pada volume yang sama dan diukur pada temperatur yang sama. Derajat API merupakan standard industri yang secara luas digunakan untuk mengukur *spesific gravity* dari bahan bakar cair.

$$\text{Deg API (G)} = \frac{1415}{\text{SpGr}_{60/60}^{\circ\text{F}}} - 131,5 \quad \text{..(1)}$$

SpGr merupakan *spesific grafity* bahan bakar cair, sedangkan 60°/60°F menyatakan bahwa Deg API diukur pada temperatur 60 °F (15,6 °C).

2. Nilai Kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna satu satuan berat bahan bakar padat atau cair atau satu satuan volume bahan bakar gas, pada keadaan baku.

Nilai kalor atas (*high heating value*) adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna satu satuan berat bahan bakar padat atau cair atau satu satuan volume bahan bakar gas, pada tekanan tetap dan temperatur 25 °C, apabila semua air yang mula-mula berwujud cair setelah pembakaran mengembun menjadi cair kembali.

$$\text{HHV} = 22.320 - (3.780 \times \text{SG}^2) \text{ Btu/lb} \quad (2)$$

Nilai kalor bawah (*low heating value*) adalah kalor yang 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.

$$\text{LHV} = 19.960(3.780 \times \text{SG}^2) + (1.362 \times \text{SG}) \text{ Btu/lb} \quad (3)$$

3. *Flash* dan *fire point*

Titik nyala (*flash point*) dari suatu cairan bahan bakar adalah temperatur minimum fluida pada waktu uap yang keluar dari permukaan fluida langsung akan terbakar dengan sendirinya oleh udara di sekelilingnya disertai kilatan cahaya. Titik nyala api (*fire point*) adalah temperatur di atas permukaan fluida pada waktu uap yang keluar akan terbakar secara kontinyu bila nyala api didekatkan padanya.

4. Kekentalan (*viscosity*)

Satuan dari viskositas dalam sistem cgs adalah poise (1 poise = 1 gr/sec.cm).

Viskositas menunjukkan tingkat kekentalan dari bahan bakar cair. Viskositas merupakan karakteristik bahan bakar cair yang sangat penting dalam proses pembakaran, terutama pada proses pengabutan.

Sebagai pelumas, oli mempunyai beberapa persyaratan dalam pemakaian yaitu viskositas yang sesuai, indeks viskositas yang relatif rendah, ketahanan terhadap pembentukan karbon dan oksidasi serta ketahanan terhadap tekanan (Crouse, 1946).

Pada kendaraan bermotor oli dipakai untuk melumasi dinding silinder dari gesekan dengan piston, melumasi roda gigi pada bak persneling (*gearbox*) dan bagian-bagian poros gardan (*cardan shaft*). Pada motor dua-langkah, pelumas dicampurkan dengan bahan bakar untuk melumasi dinding silinder, yang dikenal sebagai oli samping. Oli samping ini ikut terbakar bersama bahan bakar.

Setelah pemakaian dalam jangka waktu tertentu, akibat panas dan tekanan yang tinggi, oli tersebut tidak lagi memenuhi persyaratan sehingga harus diganti dengan yang baru. Seiring dengan perkembangan di bidang transportasi dan industri, pemakaian minyak pelumas makin meningkat. Meningkatnya kebutuhan minyak pelumas berarti juga makin banyak minyak pelumas bekas yang dibuang. Hal ini akan menimbulkan kekhawatiran adanya pencemaran lingkungan apabila minyak pelumas dibuang di sembarang tempat.

Penelitian oleh Marzani (1997) menunjukkan bahwa pembakaran pelumas bekas dengan cara penguapan menggunakan *incinerator* menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih bersih.

Untuk menggunakan oli bekas sebagai bahan bakar diperlukan perlakuan (*treatment*) terlebih dahulu sehingga dapat diperoleh karakteristik bahan bakar yang

baik terutama dalam kemudahan penyalaan dan temperatur pembakaran. Prayitno (1999) meneliti kemungkinan minyak pelumas bekas dapat digunakan sebagai minyak bakar dengan penambahan asam sulfat, lempung serta *fuel oil*. Penambahan H_2SO_4 bertujuan untuk mengurangi kandungan senyawa olefin, aromatik maupun senyawa nonhidrokarbon yang terdapat dalam minyak pelumas bekas. Penambahan lempung bertujuan untuk mengendapkan kotoran, mengabsorb senyawa sulfur dan memperbaiki warna. Walaupun biayanya relatif murah namun proses pengolahan pelumas bekas dengan metode ini memiliki beberapa resiko. H_2SO_4 yang sudah tidak terpakai akan menimbulkan pencemaran baru apabila dibuang sembarangan, demikian pula lempung yang telah tercampur dengan kotoran dan senyawa sulfur.

Dari penelitian Purwono (1999) didapatkan bahwa minyak pelumas bekas dapat didaur ulang (didestilasi). Hasil atas berada di antara fraksi solar dan fraksi *Industrial Diesel Oil* (IDO) sementara hasil bawah berupa minyak pelumas yang dapat dimanfaatkan setelah ditambahkan aditif.

Viskositas sangat penting karena mempengaruhi proses atomisasi. Proses atomisasi akan mempengaruhi karakteristik api yang dihasilkan pada pembakaran bahan bakar cair. Viskositas yang 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* dan meningkatkan deposit dan emisi mesin. Pada umumnya, bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar mampu mengalir dan teratomisasi dengan mudah.

Pembakaran yang baik memerlukan 5 syarat, yaitu (a) Pencampuran reaktan secara murni, akan tetapi hal ini secara aktual tidak dapat terjadi sehingga diperlukan adanya udara tambahan (*excess air*), (b) suplai udara yang cukup, (c) suhu yang cukup untuk memulai pembakaran/ reaksi kimia, (d) waktu yang cukup untuk kelangsungan pembakaran/ reaksi, (e) kerapatan/ densitas (\bar{n}) yang cukup untuk merambatkan nyala api (Muin, 1988).

Sebelum proses pembakaran, seluruh *combustible matter* dalam bahan bakar cair harus diubah menjadi uap atau gas dan kemudian bahan bakar tersebut harus bercampur dengan udara (oksigen) untuk pembakaran. Penguapan bahan bakar cair dapat dilakukan melalui proses atomisasi atau pengabutan, yaitu dengan membuat butiran cairan yang halus dalam fasa gas. Semakin kecil ukuran butiran cairan, maka proses penguapan akan semakin cepat, dan luas permukaan akan meningkat, mengakibatkan semakin banyak luas permukaan bahan bakar cair yang kontak dengan udara. (Borman, 1998).

Proses pembakaran dari semburan bahan bakar cair melalui tahap-tahap:

1. Pemanasan *droplet* dan penguapan komponen-komponen bertitik didih rendah
2. Penyalaan *volatile* di sekeliling *droplet*
3. Dekomposisi termal, pendidihan dan pembengkakan *droplet*
4. Dekomposisi termal dari *droplet* berlanjut selama nyala api *volatile* masih berlanjut
5. Residu karbon terbakar pada permukaan dengan laju pembakaran sekitar 1/10 laju pembakaran *droplet* awal.

Pada proses pembakaran, oksidasi karbon agak lebih lambat dan lebih sulit bila dibandingkan dengan unsur hidrogen

dan sulfur. Sebagai konsekuensinya, pada beberapa proses pembakaran teoritis, dapat diasumsikan bahwa unsur sulfur dan hidrogen terbakar dengan sempurna sebelum karbon terbakar (Muin, 1998).

Pembakaran dikatakan sempurna bila semua campuran bahan bakar dan oksigen (dari udara) mempunyai perbandingan stokiometrik, sehingga tidak diperoleh sisa. Bila perbandingan oksigen terlalu banyak, dikatakan campuran "miskin (*lean*)". Pembakaran ini menghasilkan api oksidasi. Sebaliknya, jika bahan bakar terlalu banyak (atau tidak cukup oksigen), dikatakan campuran "kaya (*rich*)". Pembakaran ini menghasilkan api reduksi. Api reduksi ditandai oleh lidah api panjang, kadang-kadang sampai terlihat berasap.

Untuk memperoleh reaksi pembakaran yang baik, perlu diperhatikan hal-hal berikut:

1. Perbandingan tertentu antara bahan bakar dan udara.
2. Campuran yang baik antara bahan bakar dengan udara.

Campuran yang baik adalah yang homogen dan tiap partikel bahan bakar harus kontak langsung dengan udara. Pada umumnya bahan bakar telah menjadi uap (*combustible vapor*) sebelum terbakar. Untuk mempercepat terjadinya *combustible vapor* diperlukan proses pengabutan.

3. Permulaan dan kelangsungan penyalan campuran.

Pada awal pembakaran, diperlukan nyala api sebagai *preheating*. Setelah bahan bakar mulai terbakar, maka sebagian panas yang dihasilkan dapat digunakan untuk menaikkan suhu ruang bakar sampai suatu kondisi dimana bahan bakar dapat terbakar dengan sendirinya. Bila kondisi ini

sudah terjadi, bantuan nyala api sudah tidak diperlukan lagi.

Ada dua jenis udara yang digunakan dalam pembakaran yaitu udara primer dan sekunder. Udara primer adalah udara yang dicampur dengan bahan bakar di dalam *burner* (sebelum pembakaran) dan udara sekunder adalah udara yang dimasukkan dalam ruang pembakaran setelah *burner* menyala (pada saat pembakaran), melalui ruang sekitar ujung *burner* atau melalui tempat lain pada dinding dapur. Adanya kelebihan udara sekunder ini mengakibatkan terjadinya udara berlebih (*excess air*). Keuntungan adanya *excess air* yaitu pembakaran lebih sempurna, sedangkan kerugiannya adalah dapat mengurangi panas hasil pembakaran.

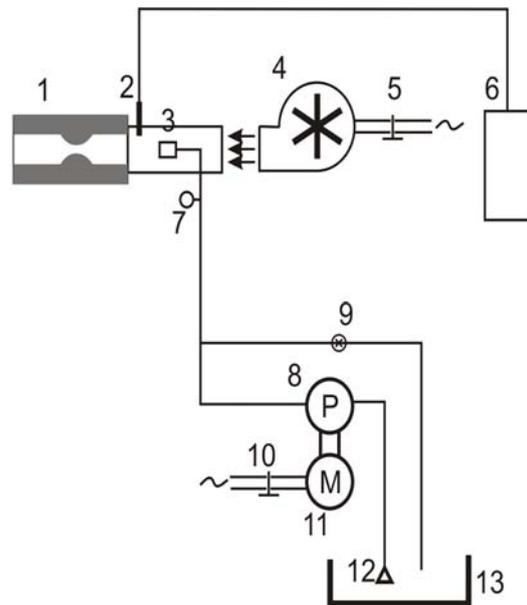
METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan adalah oli bekas yang diperoleh dari bengkel. Sebelum digunakan sebagai bahan bakar, oli bekas terlebih dahulu diberi perlakuan (*pre-treatment*) dengan pemanasan, pencampuran dengan minyak tanah, pengendapan dan penyaringan dan pemanasan ulang.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas :

1. Seperangkat alat pembakar (*burner set*) yang meliputi motor listrik 1 fase 2 HP, *gear pump* $\frac{3}{4}$ HP, blower 4", perpipaan berdiameter $\frac{1}{2}$ inci. Nosel yang digunakan pada burner adalah jenis *high pressure nozzle*.
2. Tangki bahan bakar (*reservoir*) dilengkapi dengan pipa penduga
3. Termokopel
4. Penggaris besi 1 m
5. Multimeter
6. Pemanas listrik (*electric heater* 1000 watt)

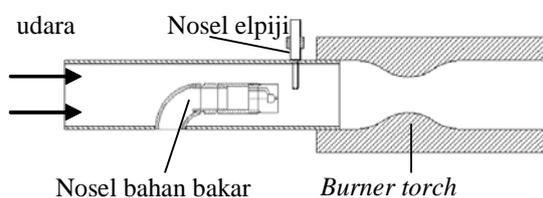
7. Alat ukur waktu (*stop watch*)
8. Gelas ukur (200 cc)



Gambar 1. Rangkaian *burner*

Burner yang digunakan adalah jenis *atomizing burner*. Sebuah motor digunakan untuk menggerakkan pompa yang akan mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar masuk ke *torch*. Nosel berfungsi mengatomisasi bahan bakar menjadi butiran-butiran kecil (*droplet*) sebelum masuk ke *burner torch*. Pemanasan awal (*pre-heat*) *burner torch* menggunakan elpiji mencapai temperatur 300° C ditujukan agar saat bahan bakar yang telah teratomisasi oleh nosel dapat terbakar. *Droplet-droplet* bahan bakar dari nosel disemprotkan ke

ruang *torch burner* yang berbentuk venturi. Celah venturi berfungsi untuk ruang atomisasi lanjut dan sebagai ruang pencampuran antara *droplet* bahan bakar dan udara. Udara dialirkan oleh blower dengan pengaturan bukaan katup. Udara yang melewati celah venturi akan mengalami peningkatan kecepatan dan akan mengatomisasi *droplet* menjadi lebih kecil. *Droplet* kecil akan bercampur dengan oksigen dan tempe-ratur panas di dalam *burner torch* akan membakar *droplet* menjadi nyala api.



Gambar 2. Skema nosel dan torch burner

Untuk menampung bahan bakar digunakan sebuah tangki penampung bahan bakar (*reservoir*). Tangki bahan bakar ini dibuat dengan kapasitas 60 liter dan dilengkapi dengan alat penduga untuk mengetahui konsumsi bahan bakar yang digunakan.

Prosedur penelitian dimulai dari tahap persiapan (*treatment*) bahan bakar yaitu dengan:

- a. Perlakuan pemanasan
Oli bekas dipanaskan hingga temperatur 120 °C menggunakan *electric heater* untuk menghilangkan kandungan air yang ada pada oli bekas. Kemudian oli bekas didinginkan hingga temperatur ± 30 °C.
- b. Pencampuran dengan minyak tanah
Setelah dipanaskan hingga temperatur uap air dan didinginkan hingga

suhu kamar, langkah selanjutnya adalah memasukkan minyak tanah sebagai pelarut seka-ligus penurun viskositas oli bekas sesuai dengan kadar komposisi campuran (10%, 20%, 30%, 40%). Setelah itu dilakukan pengadukan hingga merata.

- c. Pengendapan dan penyaringan
Oli bekas hasil kemudian dipisahkan dari endapan dengan cara mengambil sedikit demi sedikit bagian atas oli bekas dan disaring dengan penyaring *mesh 80* sehingga endapan tidak ikut terbawa sehingga diperoleh oli dengan viskositas rendah yang sudah terpisah dari kotoran. Oli hasil *treatment* diambil sampel untuk pengujian laboratorium.
- d. Pemanasan ulang
Sebelum digunakan sebagai bahan bakar, oli bekas hasil pencampuran dengan minyak tanah dipanaskan hingga 100° C. Tujuan pemanasan ulang ini adalah untuk memudahkan bahan bakar untuk teratomisasi dalam *burner*.

Tahap selanjutnya adalah pengujian pembakaran. Selama proses penelitian parameter yang divariasikan adalah kadar komposisi campuran bahan bakar, sedangkan parameter lain dijaga dan dianggap konstan. Langkah pertama adalah merangkai peralatan pengujian yang meliputi tangki bahan bakar (*reservoir*) dan *burner*. Bahan bakar dari tangki bahan bakar dialirkan menuju *burner* dengan menggunakan pipa dan diatur dengan menggunakan sebuah katup yang dihubungkan dengan *pressure gauge* sehingga tekanan bahan bakar dapat diamati. Sebuah katup balik (*over flow valve*) digunakan untuk mengatur kelebihan bahan bakar yang masuk ke *burner*. Disamping itu, katup ini berfungsi untuk mengatur besarnya

tekanan bahan bakar agar tetap konstan.

Langkah kedua yaitu melakukan *pre-heating* dengan alat pembakar berbahan bakar LPG dengan membakar bagian venturi pada *burner (torch)* selama ± 10 menit untuk mengkondisikan ruangan burner mencapai temperatur *flash point* bahan bakar. Setelah api menyala, *preheating* sudah tidak diperlukan lagi.

Langkah ketiga adalah pengoperasian *burner set*. Motor dinyalakan untuk menggerakkan pompa yang akan mengalirkan bahan bakar menuju *burner (torch)*. pengambilan data berupa temperatur pembakaran dan konsumsi bahan bakar dilakukan setelah pembakaran stabil.

Pencatatan data selanjutnya dilakukan dengan langkah-langkah yang sama seperti di atas dengan variasi kadar campuran bahan bakar 10%, 20%, 30%, 40%.

Pengambilan data dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- a. Pengujian pengaruh kadar campuran bahan bakar terhadap sifat-sifat fisik bahan bakar dengan metode pemeriksaan untuk :

- *Specific Gravity* : ASTM D 1298
- Viskositas : ASTM D 445
- *Flash point* : ASTM D92
- Nilai Kalor : dengan perhitungan

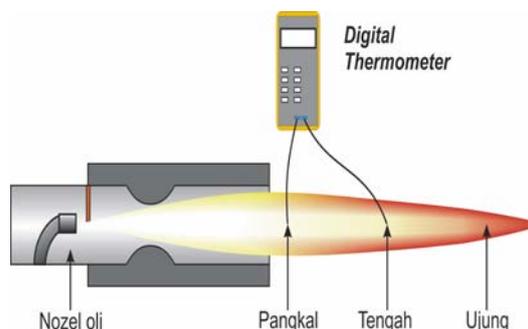
$$HHV = 22.320 - (3.780 \times SG2) \quad (4)$$

$$HHV = HHV \text{ (Btu/lb)} \times 2.326 \quad (5)$$

$$HHV = HHV \text{ (kJ/kg)} \times 2.326 \quad (6)$$

- b. Pengukuran pengaruh kadar campuran bahan bakar terhadap temperatur pembakaran dengan meletakkan termokopel pada tiga titik nyala api yang dihasilkan *burner* yaitu pangkal, tengah dan ujung nyala api. Temperatur yang terbaca pada *reader* kemudian dicatat. Proses pengambilan data dilakukan

pada kondisi nyala yang stabil.



Gambar 3. Pengambilan Data Temperatur

Pengukuran pengaruh kadar campuran bahan bakar terhadap konsumsi bahan bakar dengan mencatat penurunan level bahan bakar (cm) pada pipa penduga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Kadar Campuran Bahan Bakar terhadap Sifat-sifat Fisik Bahan Bakar.

Besarnya nilai kalor bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4). Setelah dilakukan perhitungan, besarnya nilai kalor untuk masing-masing bahan bakar diperlihatkan dalam tabel 2.

Nilai kalor menunjukkan kalor yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Jika dalam pembakaran yang sempurna, bahan bakar akan terbakar seluruhnya menjadi energi panas.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa perlakuan pencampuran oli bekas dengan minyak tanah dapat menaikkan nilai kalor oli bekas karena dengan pencampuran ini nilai *specific gravity* (SG) semakin turun. Dengan turunnya nilai SG, maka derajat API akan naik karena nilai API berbanding

Tabel 1. Sifat-sifat Fisik Oli Bekas Sebelum dan Sesudah *Treatment*

Sifat	Oli Bekas	Kadar Campuran Minyak Tanah – Oli Bekas			
		1 : 9 (10%)	2 : 8 (20%)	3 : 7 (30%)	4 : 6 (40%)
Specific Gravity @ 60/60°F	0.9056	0.8831	0.8771	0.8605	0.8534
Viskositas @ 40°C (cSt)	85.05	68.49	44.85	13.76	7.536
Viskositas @ 100°C (cSt)	10.58	10.17	7.680	3.647	2.474
Flash Point (°C)	204	160	130	92	88

Tabel 2. Nilai kalor bahan bakar hasil perlakuan (*treatment*)

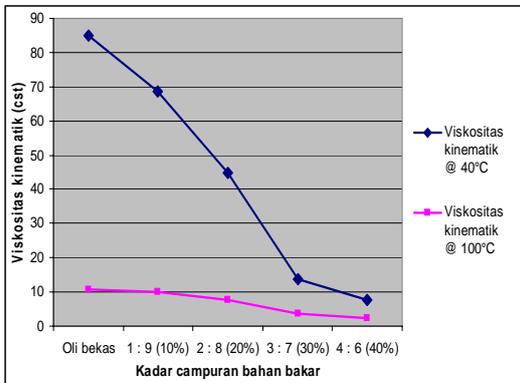
terbalik dengan nilai SG (persamaan i). Jika nilai API semakin naik maka nilai kalor akan semakin naik (Harjono, 2001). Nilai SG juga menunjukkan beratnya fraksi dari suatu liquid. Semakin rendah harga SG maka fraksi akan semakin ringan. Jadi semakin banyak penambahan minyak tanah pada oli bekas maka campuran akan semakin ringan atau encer.

Viskositas bahan bakar cair merupakan karakteristik yang paling penting dalam penggunaan dan penyimpanan bahan bakar. Jika viskositas terlalu tinggi maka bahan bakar akan sulit dalam pemompaan, penyalaan dalam burner dan sulit dalam penanganannya. Viskositas akan mempengaruhi proses pengkabutannya, yaitu semakin kecil viskositasnya maka bahan bakar akan lebih mudah dika-

butkan. Jika bahan bakar mudah dikabutkan maka bahan bakar akan lebih mudah dalam penyalaannya dan semakin banyak bahan bakar yang terbakar sempurna sehingga temperatur yang dihasilkan pun akan semakin tinggi.

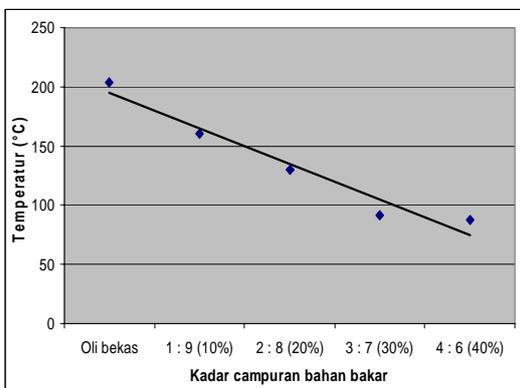
Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa secara umum viskositas kinematik bahan bakar hasil perlakuan baik pada 40°C maupun 100°C semakin menurun seiring dengan penambahan minyak tanah. Hal ini dipengaruhi oleh viskositas kinematik minyak tanah, dimana viskositas kinematik minyak tanah lebih kecil dibandingkan viskositas kinematik oli bekas. Sehingga semakin tinggi penambahan minyak tanah yang dicampurkan maka semakin rendah viskositas bahan bakar yang dihasilkan. Di samping itu pada pengujian viskositas,

bahan bakar terlebih dahulu dipanaskan sesuai temperatur uji (40 °C dan 100 °C) sehingga menyebabkan viskositas bahan bakar menurun.



Gambar 4. Grafik Viskositas Kinematik Bahan Bakar

Dari pengujian diperoleh bahwa nilai *flash point*/titik nyala dari bahan bakar hasil perlakuan juga menunjukkan penurunan seiring dengan bertam-bahnya kadar campuran minyak tanah. Hal ini disebabkan nilai *flash point* dari minyak tanah lebih rendah daripada *flash point* oli bekas. Jadi semakin banyak minyak tanah yang ditambahkan maka *flash point* dari bahan bakar akan semakin turun. Dengan semakin turunnya *flash point* dari bahan bakar maka akan memudahkan dalam proses penyalanya.



Gambar 5. Grafik *Flash Point* Bahan Bakar

Pengukuran Pengaruh Kadar Campuran Bahan Bakar terhadap Temperatur Pembakaran

Variabel yang diubah dalam pengambilan data ini adalah variasi campuran bahan bakar yaitu 10%, 20%, 30% dan 40%. Sementara itu tekanan bahan bakar pada nosel bahan bakar dijaga tetap konstan yaitu 2 bar. Sebelum dipompakan bahan bakar setiap variasinya dipanaskan terlebih dahulu $\pm 100^\circ\text{C}$. kebutuhan udara selama pembakaran diperoleh dari udara bebas dan dari penam-bahan blower yang dijaga tetap konstan kecepatannya pada 8 m/s. Temperatur udara lingkungan rata-rata 31°C .

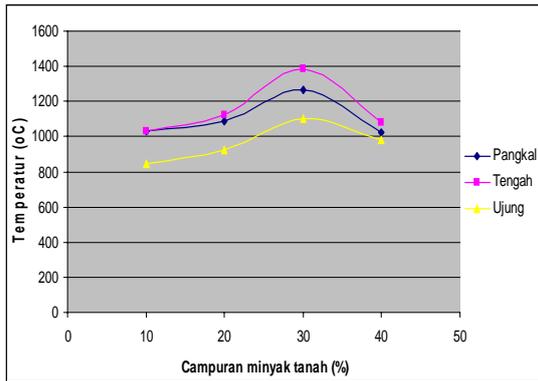
Dari pengukuran temperatur yang dihasilkan oleh pembakaran pada variasi campuran bahan bakar diperoleh hasil pada tabel 3.

Tabel 3. Temperatur Pembakaran Bahan Bakar Hasil Perlakuan

Variasi Campuran Bahan Bakar	Temperatur Api Pada Titik (°C)		
	Pangkal	Tengah	Ujung
1 : 9 (10%)	1028	1032	847
2 : 8 (20%)	1091	1126	922
3 : 7 (30%)	1268	1388	1102
4 : 6 (40%)	1021	1080	983

Dari Tabel 3 dapat dibuat grafik pengaruh kadar campuran bahan bakar terhadap temperatur pembakaran pada tiap-tiap variasi campuran bahan bakar (gambar 6).

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa mulai campuran 10% hingga 30% temperatur pembakaran cenderung naik pada tiap titik nyala. Hal ini disebabkan karena semakin banyak minyak tanah yang dicampur-



Gambar 6. Grafik Temperatur Pembakaran Bahan Bakar Hasil Perlakuan Tiap Variasi Campuran

kan maka viskositas bahan bakar semakin turun sehingga semakin mudah teratomisasi menjadi kabut. Dengan banyaknya kabut yang dihasilkan dalam atomisasi, maka proses pembakaran yang terjadi juga semakin banyak dan temperatur yang dihasilkan juga semakin tinggi. Akan tetapi pada campuran 40% temperatur pembakaran mulai turun. Hal ini disebabkan karena terjadi ketidaksesuaian pencampuran antara bahan bakar dan udara selama pembakaran pada pengkabutan bahan bakar campuran 40% dengan debit udara 8 m²/s. Pengaruh ketidaksesuaian ini terlihat dari visualisasi bentuk api yang kurang sempurna.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa temperatur pembakaran tertinggi dihasilkan pada campuran 30%. Hal ini dikarenakan pada temperatur 30% bahan bakar tercampur sempurna dengan udara sehingga terjadi pembakaran yang sempurna sehingga temperatur yang dihasilkan pun juga lebih tinggi.

Dari penelitian juga didapatkan bahwa temperatur tertinggi terjadi pada titik tengah api. Hal ini disebabkan oleh distribusi temperatur akan meningkat mulai dari pangkal api hingga titik tengah api.

Gambar 7. Grafik Temperatur Pembakaran Pada Tiap Titik Nyala

Temperatur ini akan turun kembali sampai mencapai ujung nyala. Pada ujung api, pencampuran udara dengan bahan bakar terlalu banyak sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga temperatur yang dihasilkan juga semakin rendah.

Pengukuran Pengaruh Kadar Campuran Bahan Bakar terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Pengukuran laju bahan bakar yang dikonsumsi dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (7)$$

dimana :

V = A × selisih level (cm)

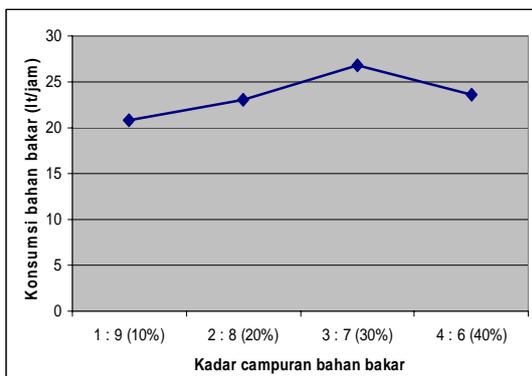
A = luas penampang tangki reservoir

t = waktu pembakaran (menit)

Dari tabel 4 dapat dibuat grafik pengaruh tekanan bahan bakar terhadap laju konsumsi bahan bakar tiap menit pada variasi kadar campuran bahan bakar terhadap konsumsi bahan bakar (Gambar 8).

Tabel 4. Data Konsumsi Bahan Bakar Rata-rata Tiap Variasi Campuran

Kadar campuran	Waktu (mnt)	Selisih level	Laju konsumsi BB (lt/mnt)	Laju konsumsi BB (lt/jam)
1 : 9 (10%)	9	2.9	0.347	20.79
2 : 8 (20%)	18	5	0.384	23.05
3 : 7 (30%)	21	8.7	0.446	26.74
4 : 6 (40%)	20	7.3	0.393	23.56



Gambar 8. Grafik Laju Konsumsi Bahan Bakar (lt/jam)

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa laju konsumsi bahan bakar tiap variasi relatif sama. Hal ini terjadi dikarenakan nosel dan tekanan bahan bakar yang digunakan adalah sama sehingga debit bahan bakar yang keluar dari nosel relatif sama. Akan tetapi pada campuran 30%, laju bahan bakar relatif tinggi. Hal ini dimungkinkan karena pada campuran 30% bahan bakar dapat teratomisasi dan terbakar dengan sempurna dibandingkan campuran lainnya. Dalam penelitian ini bahan bakar yang tidak terbakar dengan sempurna akan

mengalir kembali menuju tangki reservoir sehingga mempengaruhi laju konsumsi bahan bakar.

SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis data maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Perlakuan pencampuran minyak tanah pada oli bekas dapat menurunkan *specific gravity* (SG), *flash point* dan viskositas kinematik pada oli bekas. Sedangkan nilai kalor oli bekas secara umum naik seiring dengan penambahan minyak tanah sehingga temperatur yang dihasilkan juga akan semakin naik.
2. Temperatur pembakaran paling tinggi terjadi pada campuran 3 : 7 (30%). Hal ini disebabkan pada campuran tersebut bahan bakar dapat terbakar dengan sempurna dengan udara dari blower dengan kecepatan 8 m/s. Temperatur paling tinggi terletak di tengah nyala api yaitu 1386 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Borman, G. L. and Ragland, K.W.1998. *Combustion Engineering*. New York, USA: McGraw-Hill.
- Crouse, W. H., & Anglin, D. L., 1993, *Automotive Mechanics*, 10th ed., McGraw-Hill International Editions, Singapore.
- Indartono, Y.S., 2005, *Krisis Energi di Indonesia : Mengapa dan Harus Bagaimana*, Jurnal Inovasi, Vol. 5/XVII/Nopember 2005.
- Justiana, S, dan Hardanie, B.D., 2005, *Rekayasa Minyak Pelumas dari Bahan Botol Plastik Bekas*, Jurnal Inovasi, Vol. 5/XVII/Nopember 2005.
- Muin, S. 1988. *Pesawat-Pesawat Konversi Energi I*. Jakarta: CV. Rajawali.
- Prayitno, 1999, *Studi Pemanfaatan Minyak Pelumas Bekas sebagai Minyak Bakar*, Prosiding Seminar Nasional Dasar-dasar dan Aplikasi Perpindahan Panas dan Massa, ISBN 979-95620-0-7, Yogyakarta, 9-10 Maret 1999, pp. 159-162.
- 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.
- Raharjo, P.W. dan Triyono, J. 2005. *Pemanfaatan Cokeless Cupola untuk Mencairkan Logam Sebagai Salah Satu Alternatif Solusi untuk Mengurangi Ketergantungan Kokas*. Gema Teknik, No. 2/Tahun VIII Juli 2005, pp. 14-19.