

PENGARUH PENCAMPURAN MINYAK TANAH DENGAN BERBAGAI PERSENTASE PADA PROSES PEMBAKARAN JELANTAH

Sri Gati Hutomo

Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta
Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57 Yogyakarta 55231 Telp/Fax : (0274) 543676

Email: sghutomo@yahoo.com

ABSTRACT

This research is aimed to describe the influence of mixing kerosene and wasted cooking oil in variation of percentage that is used as fuel of stove with pressure tank. Description of those influences are average of the fire temperature, fuel flow rate, and usage efficiency of fuel heat. Percentage of kerosene were 30%, 40%, 50%, 60%, 70% (by volume) and initial pressure in fuel tank 0,4 kPa. The result showed that flare temperature rise if percentage of kerosene rise. The average of each temperature were 534.11 °C for 30% kerosene, 538.47 °C (40%), 541.63 °C (50%), 543.73 °C (60%), and 546.97 °C (70%). The mass flow rate of fuel were 44,867 gr/minute for 30% kerosene, 44,082 gr/minute (40%), 42,308 gr/minute (50%), 41,803 gr/minute (60%) and 40,734 gr/minute for 70% kerosene. The average of fuel flow rate was 50,949 ml/minute. The efficiency of stove with pressure tank rise if the percentage of kerosene rise, i.e 4,393 % for 30% kerosene, 5,041% (40%), 6,452 % (50%), 8,162 % (60 %) and 9,164 % for 70% kerosene.

Keyword: *wasted cooking oil, kerosene, stove, pressure tank*

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia pada saat ini terutama pada masyarakat modern, tidak dapat terlepas dari kebutuhan energi. Kebutuhan tersebut bahkan bisa dikatakan sudah menjadi kebutuhan pokok karena energi menjadi komponen penting bagi peralatan yang mendukung aktivitas sehari-hari pada berbagai sektor. Sehingga bahan-bahan yang dapat menjadi sumber energi merupakan komoditas yang sangat strategis.

Pada saat ini, sumber energi yang dominan untuk dipergunakan adalah sumber energi yang berasal dari alam misalnya minyak bumi, gas alam dan batubara. Bahan-bahan tersebut bersifat tidak terbarukan sehingga persediaannya semakin lama akan semakin menipis.

Demikian juga pada masyarakat di Indonesia, penggunaan energi yang berasal dari alam, masih sangat dominan. Transportasi dan industri merupakan sektor yang mengkonsumsi energi dengan jumlah yang sangat besar. Bahan-bahan dari alam tersebut sebagian besar digunakan sektor tersebut sebagai bahan bakar untuk pembangkit daya dan juga untuk melakukan berbagai proses-proses pengolahan. Pemanfaatan bahan bakar tersebut ada yang

dilakukan dengan sistem pembakaran dalam (*internal combustion*) maupun dengan sistem pembakaran eksternal ataupun dengan secara terbuka. Sedangkan jenis yang paling banyak dipakai adalah bahan bakar minyak fosil, mengingat jenis bahan bakar tersebut memang memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan jenis bahan bakar padat dan bahan bakar gas maupun bahan bakar minyak non fosil.

Beberapa tahun terakhir, Indonesia telah menjadi negara *net* importir bahan bakar minyak fosil. Konsumsi bahan bakar fosil lebih besar bila dibanding dengan total produksi dari dalam negeri. Permasalahan selalu muncul pada saat ketersediaan minyak dunia terjadi gangguan dan ketidakstabilan akibat berbagai sebab. Padahal konsumsi relatif selalu meningkat setiap tahunnya. Peningkatan kebutuhan bahan bakar minyak terutama bahan bakar minyak dari fosil sepertinya masih akan terus terjadi di negara kita seiring semakin meningkatnya populasi penduduk. Selain itu juga karena pertumbuhan ekonomi yang beberapa tahun terakhir ini Indonesia termasuk negara dengan pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi yaitu lebih dari 6%.

Untuk mengurangi konsumsi bahan bakar minyak fosil, berbagai upaya harus dilakukan. Antara lain dengan konservasi dan diversifikasi. Konservasi energi yang berasal dari bahan bakar minyak fosil dapat dilakukan dari aspek termodinamikanya sehingga konsumsi bahan bakar spesifiknya dapat menjadi lebih rendah atau lebih irit. Selain dari aspek termodinamikanya, konservasi energi dapat juga dilakukan dari aspek pengelolaan pemakaiannya sehingga tiap liter bahan bakar tersebut dapat digunakan oleh lebih banyak orang.

Diversifikasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan sumber-sumber energi yang lain dari alam misalnya tenaga angin, tenaga air dan tenaga surya. Tenaga nuklir juga dapat dimanfaatkan, tetapi dengan tingkat resiko yang sangat tinggi, maka hingga sekarang masih belum menjadi pilihan yang tepat. Diversifikasi dengan memanfaatkan sumber-sumber energi tersebut di atas, mempunyai beberapa keterbatasan, sehingga dalam praktek pemanfaatannya lebih dominan cenderung untuk pembangkitan daya, bukan untuk proses pengolahan.

Diversifikasi dapat juga dilakukan dengan memanfaatkan energi yang terbarukan sebagai energi alternatif. Misalnya biomassa, biogas dan minyak nabati. Pemanfaatan bahan-bahan tersebut mempunyai keunggulan, karena pemanfaatannya dapat untuk tujuan pembangkitan daya maupun untuk tujuan proses. Sebagai energi alternatif yang terbarukan, minyak nabati lebih mempunyai keunggulan komparatif dibanding dengan biomassa. Antara lain kandungan energinya per satuan massa lebih tinggi serta pada pelaksanaan pemanfaatannya lebih praktis dan mudah.

Sumber minyak nabati yang sangat besar dan potensial adalah minyak kelapa, khususnya kelapa sawit. Tetapi hingga saat ini pemanfaatan minyak kelapa tersebut untuk tujuan sumber energi relatif sangat terbatas. Hal ini dikarenakan hasil produksinya lebih ditujukan terutama untuk kebutuhan konsumsi (pangan) yang dapat memberikan tingkat harga yang cukup tinggi yaitu hingga sekitar 13 ribu per liter di dalam negeri saat ini. Jelantah (*Wasted Cooking Oil*) yang merupakan limbah dari pemanfaatan minyak goreng, terutama dari industri makanan skala kecil, menengah maupun besar, dapat menjadi

suatu alternatif penggunaan minyak nabati untuk keperluan bahan bakar. Pemanfaatan itu juga sekaligus dapat mencegah penyalahgunaan jelantah yang sudah tidak layak didaur ulang untuk keperluan konsumsi lagi.

Pemanfaatan jelantah dapat dilakukan dengan 2 cara. Cara yang pertama dengan melakukan beberapa proses pada jelantah tersebut hingga menjadi seperti solar. Misal dengan proses transesterifikasi. Hasilnya, jelantah tersebut dapat digunakan untuk bahan bakar pada metode pembakaran dalam (*internal combustions*) maupun pembakaran luar (*external combustions*). Tetapi, proses tersebut membutuhkan waktu yang relatif cukup lama karena ada tahapan pengendapan, penyaringan dan pencucian. Selain waktunya lama, proses tersebut juga membutuhkan biaya, yaitu untuk aditif dan katalisatornya. Proses ini juga tidak efisien bila volume jelantah hanya dalam skala kecil. Cara kedua adalah dengan memanfaatkannya secara langsung sebagai bahan bakar pembakaran luar. Cara tersebut relatif cukup praktis karena tidak membutuhkan proses yang rumit. Proses yang perlu untuk dilakukan hanyalah penyaringan, sehingga jelantah terbebas dari terak, kotoran ataupun agregat. Pemanfaatan dengan cara ini bisa dilakukan untuk berbagai skala volume, dan sangat sesuai terutama bila volumenya dalam skala yang kecil. Ketersediaan jelantah juga relatif terjaga karena pada saat ini, produksi maupun konsumsi minyak goreng di Indonesia terus meningkat.

Pada tahun 2005, produksi minyak goreng adalah sebesar 6,43 Juta ton dengan pertumbuhan rata rata di atas 10 % per tahun, sedangkan konsumsi per kapita sebesar 16,5 kg/tahun dengan pertumbuhan lebih dari 3% per tahun. (Hambali dkk, 2007). Industri besar, menengah maupun kecil yang menggunakan minyak goreng tersebut dalam proses produksinya juga makin bertambah. Sehingga semakin banyak pula minyak jelantah yang dihasilkan dari penggunaan minyak goreng tersebut, terutama dari sektor pengolahan makanan atau bahan pangan dengan berbagai tingkat skala volume.

Jelantah merupakan salah satu pilihan yang menarik untuk digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki beberapa keunggulan antara lain kandungan energi yang dimiliki

cukup besar, sehingga dengan bobot atau volume yang tidak besar terdapat potensi kalor yang cukup tinggi, kondisinya relatif masih dalam fase cair sehingga pengaturan dalam operasional pembakaran relatif mudah, tidak gampang meledak sehingga aman dan penyimpanan persediaannya tidak membutuhkan prosedur ataupun persyaratan khusus.

Semua usaha untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil tersebut, baik dengan cara peningkatan efisiensi (thermodinamika & penggunaan) maupun dengan cara diversifikasi (tenaga alam & energi terbarukan) perlu terus menerus untuk dilakukan. Bila dari ke dua cara tersebut dapat memberikan kontribusi sebesar 15 % saja terhadap konsumsi bahan bakar secara keseluruhan, maka secara volume sudah cukup besar mengurangi konsumsi bahan bakar fosil karena total konsumsi bahan bakar untuk penggunaan bidang transportasi dan industri pertahun mencapai puluhan juta kiloliter.

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dikaji campuran minyak jelantah dan minyak tanah sebagai bahan bakar dalam berbagai prosentase campuran. Penelitian dilakukan dengan menggunakan kompor tekan yang banyak digunakan oleh para pedagang makanan dan pada beberapa industri kecil. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik pembakaran minyak jelantah yang dicampur minyak tanah dalam berbagai prosesntase dengan menggunakan kompor tekan sebagai alat pembakar.

Secara umum, bahan bakar mesin-mesin pembakaran luar dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yakni bahan bakar padat, gas dan cair. Bahan bakar cair terutama yang diproduksi dari minyak bumi, biasanya merupakan campuran dari berbagai hidrokarbon, sedikit belerang, nitrogen, oksigen dan abu. Namun yang berperan penting dalam pembentukan bahan bakar minyak hanya dua unsur, yaitu karbon sebesar lebih dari 85% dan hidrogen sebesar 12-15%. (Djokosetyahardjo, 1999).

Kelebihan bahan bakar cair dibandingkan dengan bahan bakar padat adalah kebersihan hasil pembakarannya yang lebih baik, penggunaan alat bakar yang lebih kompak dan cara penanganannya yang

mudah. Sedangkan kekurangan dari bahan bakar cair ini adalah proses pemurnian yang cukup kompleks.

Sifat-sifat fisik produk minyak bumi merupakan bagian yang penting untuk diambil sebagai dasar perhitungan mengenai hal-hal yang berhubungan dengan minyak bumi, selain sifat-sifat kimianya. Sifat-sifat fisik produk minyak bumi yaitu:

Kalori

Kalori merupakan suatu satuan energi panas. Sebagai gambaran, untuk menaikkan suhu air sebanyak 1 gram agar temperaturnya menjadi naik sebesar 1°C maka dibutuhkan energi panas sebesar 1 kalori:

$$Q = m \cdot C_p \cdot dT \text{ (kalori)} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

m = massa air (gr)

Cp = kalor jenis pada tekanan tetap
= 1 kal/gr °C untuk air

dT = total kenaikan temperatur (°C)

Satuan panas tersebut yaitu kalori dapat dikorelasikan dengan satuan kerja atau usaha yaitu Joule yang sebenarnya merupakan perkalian antara gaya (Newton) dengan jarak (meter) dalam arah paralel (bila arahnya tegak lurus bukan kerja tetapi menjadi torsi dengan satuan Newton meter). Kalori dapat dikonversikan menjadi Joule, sesuai dengan kesetaraan kalor mekanik yang diperoleh dari percobaan yang dilakukan oleh James Prescott Joule. Tetapi istilah J (Joule) diperkenalkan oleh Dr. Mayer of Heilbronn. Besarnya kesetaraan tersebut adalah (Anonim, 2008, *Joule*, www.wikipedia.org.)

$$1 \text{ kal} = 4,186 \text{ J}$$

Nilai Kalor

Merupakan jumlah kandungan energi panas yang dimiliki oleh suatu bahan atau substansi. Umumnya dinyatakan dalam satuan kalori per satuan massa atau kalori per satuan volume. Jelantah mempunyai nilai kalor sebesar 9197,29 kkal/kg (Robi'ah dkk,2010). Sehingga pada setiap kilogram jelantah, potensi energi yang dimiliki adalah sebanyak 9197,29 kkal.

Laju Aliran Massa Bahan Bakar

Jumlah massa bahan bakar yang mengalir tiap satuan waktu:

$$M = m/t \text{ (gr/menit)} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

m = massa bahan bakar (gr)

t = waktu (menit)

Densitas

Densitas adalah massa per satuan volume dan termasuk properti dari suatu substansi. (Cengel, 1994). Densitas merupakan kombinasi dari dua properti independen yaitu massa dan volume. Kombinasi dalam bentuk rasio tersebut merupakan suatu angka yang spesifik untuk tiap-tiap substansi bila massa dan volumenya diukur dengan tingkat akurasi yang tinggi:

$$\rho = m/V \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

m = massa (gr)

V = volume (cm³)

Jelantah mempunyai massa jenis sebesar 0,898 kg/liter. (Robi'ah dkk,2010).

Viskositas

Menunjukkan tingkat kekentalan dari suatu cairan. Kekentalan cairan disebabkan oleh gaya kohesif antara molekul-molekulnya. Dinyatakan secara kuantitatif dengan koefisien kekentalan (η). Satuan SI untuk koefisien kekentalan adalah Pa.s (pascal detik). Dalam sistem cgs satuan ini adalah dyne.s/cm² dan untuk satuan ini disebut Poise (P). Kekentalan sering dinyatakan juga dalam centipoise (cP) yaitu seperseratus poise. (Giancoli, 1996). Makin tinggi angkanya maka cairan tersebut akan makin kental. Jelantah mempunyai angka viskositas sebesar 4,11 cP. Karena mempunyai variasi yang cukup luas dan tidak mengalami proses pemakaian yang sama, secara umum jelantah mempunyai viskositas antara 7 s.d 30 mPa.s.

Dari beberapa aspek yang dimiliki oleh jelantah tersebut, ada satu hal yang dapat menjadi kendala pemanfaatannya sebagai bahan bakar untuk skala kecil. Kendala tersebut adalah relatif kental karena mempunyai viskositas yang agak tinggi sehingga untuk melakukan pengalirannya membutuhkan sedikit perhatian lebih. Untuk mengatasi kendala tersebut, dilakukan dengan 2 cara. Cara yang pertama adalah dengan menggunakan kompor yang dilengkapi dengan tangki bahan bakar yang bertekanan. Dengan penggunaan tangki bahan bakar yang bertekanan, maka aliran jelantah dapat

menjadi lebih lancar tanpa harus menggunakan pompa bahan bakar. Pemberian tekanan awal pada tangki bahan bakar, dapat dilakukan dengan pemompaan angin menggunakan pompa yang dipakai untuk pompa ban sepeda. Sedangkan cara yang kedua untuk mengatasi tingkat kekentalan jelantah adalah dengan melakukan pengenceran. Untuk pengenceran, dipilih minyak tanah dengan pertimbangan, nilai kalor cukup tinggi (11538 kkal/kg) dan tingkat kekentalan rendah (0,294 s.d 3,34) mPa.S. Dapat dicampur dengan cepat dan dapat bercampur dalam waktu yang cukup lama.. Massa jenis minyak tanah tergolong rendah yaitu 0,78 kg/liter. Minyak tanah (*kerosene*) adalah cairan hidrokarbon yang tidak berwarna dan mudah terbakar. Diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari *petroleum* pada 150°C dan 275°C dan mempunyai rantai karbon dari C12 sampai C15. Sebuah bentuk dari kerosene dikenal sebagai RP-1 dibakar dengan oksigen cair sebagai bahan bakar roket. Dengan demikian minyak tanah mudah untuk dibakar sehingga memudahkan pula untuk penyalaan awal proses pembakaran jelantah.

Persentase minyak tanah yang dipilih adalah sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70%. Batas bawah yaitu 30% persen minyak tanah dipilih dengan memperhitungkan aspek teknis yaitu stabilitas aliran dan pembakaran, sedangkan batas atas yaitu sebesar 70% dengan memperhitungkan aspek ekonomis yaitu tingkat harga minyak tanah yang relatif sangat tinggi bila dibandingkan dengan harga jelantah.

Kompom Tekan

Kompom tekan merupakan alat bakar (*burner*) tipe *atomizing burner*. Hal ini karena pada kompor tekan terjadi proses penekanan bahan bakar untuk pengkabutan bahan bakar. Kompom tekan ini banyak digunakan oleh pedagang makanan dan juga banyak digunakan untuk proses industri skala kecil hingga menengah.

Efisiensi kompor tekan dapat ditentukan dengan menentukan rasio kalor yang diserap oleh air dibanding dengan total kalor bahan bakar yang digunakan:

$$\text{Eff} = Q_a/Q_{bb} \text{ (%) } \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

Q_a = kalor yang diserap air (kalori)

Q_{bb} = kalor bahan bakar (kalori)

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

1. Jelantah 2,5 liter
2. Minyak tanah 2,5 liter
3. Air 5 liter
4. Saringan mesh 200
5. Gelas Ukur
6. Timbangan
7. Stopwatch
8. Thermometer
9. Termokopel
10. Panci dan tutup
11. Kompor tekanan
12. Tungku penutup kompor
13. Tangki bahan bakar
14. Pompa tangan



Gambar 1. Kompor Tekanan



Gambar 2. Tangki Bahan Bakar

Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penyaringan jelantah dan penyaringan minyak tanah.
2. Melakukan pencampuran bahan bakar untuk persentase 30% yaitu 300 ml minyak tanah dicampur dengan 700 ml

jelantah. Campuran tersebut kemudian diaduk sehingga komposisi merata.

3. Memasukkan campuran bahan bakar tersebut ke tangki bahan bakar dan melakukan penimbangan pada semua perangkat pembakaran. Setelah itu melakukan pemompaan tangki dengan pompa tangan hingga tekanan 0,4 kPa.
4. Menyiapkan 1 liter air dalam panci dan ditutup dengan penutup panci yang telah dipasang thermometer. Selanjutnya panci diletakkan pada tungku yang juga berfungsi sebagai penutup kompor tekanan. Kondisi awal temperatur air dalam panci dicatat.
5. Kompor dinyalakan dan tepat pada saat api mulai menyala, stop watch juga dihidupkan.
6. Pengukuran temperatur api dilakukan dengan menggunakan termokopel.
7. Tepat pada saat temperatur air mencapai 100 °C, kompor dimatikan dan pada saat yang bersamaan stopwatch juga dimatikan. Waktu yang ditunjukkan stopwatch dicatat.
8. Melakukan penimbangan kembali pada perangkat pembakaran.
9. Melakukan prosedur tersebut sebanyak lima kali dan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan bahan bakar pada persentase minyak tanah 40%, 50%, 60% dan 70%.

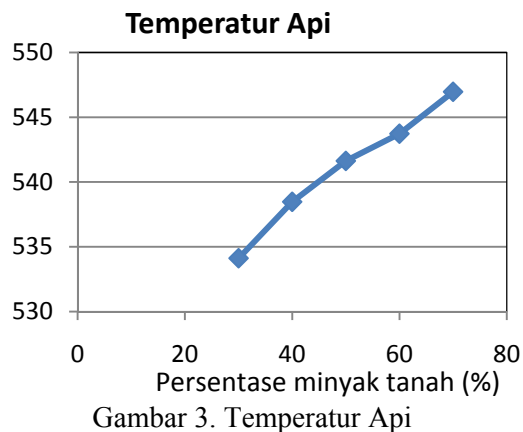
HASIL DAN PEMBAHASAN

Temperatur Api

Dari data hasil penelitian diperoleh temperatur api pada pembakaran jelantah dengan campuran minyak tanah adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Temperatur suhu api

Pct (%)	T api (°C)
30	534.11
40	538.47
50	541.63
60	543.73
70	546.97



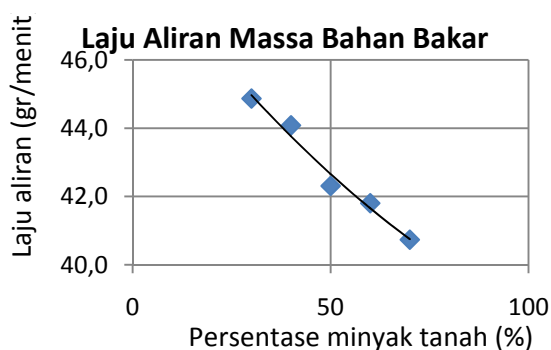
Dari tabel dan gambar tersebut di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase minyak tanah maka temperatur pembakaran semakin tinggi juga. Jelantah mempunyai nilai kalor sebesar 9197,29 kkal/kg dan minyak tanah mempunyai nilai kalor sebesar 11538 kkal/kg. Persentase minyak tanah yang semakin besar, menyebabkan nilai kalor campuran bahan bakar akan semakin besar pula dan selanjutnya berpengaruh pada temperatur pembakaran yang menjadi semakin tinggi.

Laju Aliran Massa Bahan Bakar

Dari data hasil penelitian diperoleh aliran massa bahan bakar dan lama waktunya pada berbagai persentase campuran minyak tanah adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Aliran massa dan waktu

Pct (%)	m (gram)	t (detik)	Laju Aliran Massa (gr/mnt)
30	169	226	44.867
40	144	196	44.082
50	110	156	42.308
60	85	122	41.803
70	74	109	40.734



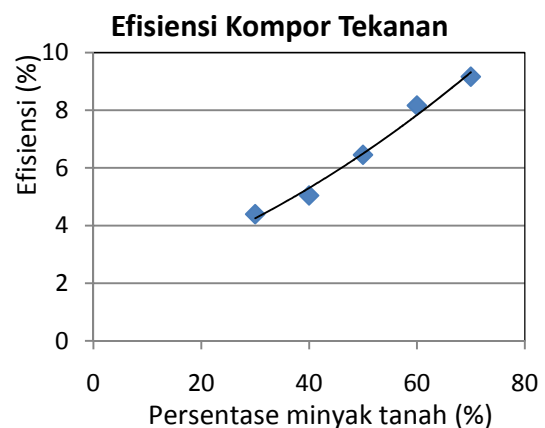
Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase minyak tanah maka laju aliran massa bahan bakar cenderung semakin rendah. Jelantah mempunyai massa jenis sebesar 0,898 kg/liter dan minyak tanah mempunyai massa jenis sebesar 0,78 kg/liter. Semakin besar persentase minyak tanah pada campuran bahan bakar maka massa jenis campuran bahan bakar akan semakin kecil. Debit rata-rata aliran bahan bakar pada kompor tekanan tersebut adalah sebesar 50,949 ml/menit.

Efisiensi

Dari perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan data hasil penelitian maka diperoleh efisiensi kompor tekanan dengan bahan bakar pada berbagai persentase campuran minyak tanah adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Kalor Bahan Bakar dan Kalor Diserap Air

Pct (%)	Q _{bb} (kkal)	Q _{air} (kkal)	Efisiensi Kompor Tekan (%)
30	1.661,662	73	4,393
40	1.448,041	73	5,041
50	1.131,422	73	6,452
60	894,372	73	8,162
70	796,627	73	9,164



Dari gambar dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase minyak tanah maka efisiensi pembakaran yang terjadi semakin tinggi. Minyak tanah selain mempunyai nilai kalor yang tinggi juga merupakan bahan bakar yang mempunyai titik nyala relatif rendah

sehingga minyak tanah relatif mudah untuk menyala dan terbakar dengan lebih baik dibandingkan jelantah. Sehingga makin tinggi persentase minyak tanah, maka kualitas pembakaran yang terjadi juga lebih baik. Hal itu dapat dilihat pada temperatur pembakaran yang juga lebih tinggi bila persentase minyak tanah lebih besar. Kualitas pembakaran juga terlihat pada warna api yang semakin membiru secara stabil bila persentase minyak tanah semakin besar.

KESIMPULAN

Semakin tinggi persentase campuran minyak tanah pada pembakaran jelantah dengan menggunakan kompor tekanan maka:

1. Temperatur pembakaran akan semakin tinggi. Pada campuran 30% minyak tanah mempunyai temperatur api sebesar 534,11 °C dan pada campuran 70% mempunyai temperatur api sebesar 546,97 °C.
2. Laju aliran massa bahan bakar akan cenderung menurun sedangkan efisiensi pembakaran pada kompor tekan tersebut akan semakin meningkat yaitu sebesar 4,393 % pada campuran minyak tanah

30% dan naik menjadi sebesar 9,164 % pada campuran minyak tanah 70%.

4. Debit rata rata aliran bahan bakar pada kompor tekanan adalah sebesar 50,949 ml/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006, *Minyak Tanah*, www.wikipedia.org, 26 Oktober 2010
- Anonim, 2008, *Joule*, www.wikipedia.org, 26 Oktober 2010
- Anonim, 2009, *Kesetaraan Kalor*, www.mediabali.net, 10 November 2010
- Cengel dkk, 1994, **Thermodynamics : An Engineering Approach**, Mc.Graw-Hill
- Djokosetyahardjo, 1999, **Ketel Uap**, Pradnya Paramita, Jakarta
- Giancoli C. Douglas, 1996, **Physics Fourth Edition**, Prentice Hall Inc
- Hambali, 2007, **Teknologi Bioenergi**, Agromedia Pustaka, Jakarta
- Robi'ah dkk, 2010, *Penentuan Nilai Kalor Berbagai Komposisi Campuran Bahan Bakar Minyak Nabati*, Alchemy vol 1 No 2