

AMPAS PENYULINGAN NILAM SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF PADA PROSES PRODUKSI MINYAK NILAM

Sugiarto, Erwin Sulistyo

Teknik Mesin, Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145

Tlp: 0341- 554291

E-mail : Sugik_mlg@yahoo.co.id

Abstract

Remaining organic waste product of nilam oil distillation is a potential biomass as a fuel substitute for firewood. Utilization of waste distillation during refining is considered not yet optimal. Whereas by utilizing distillation waste will be obtained by the double advantage is decreasing the cost of production like reduction of the cost of purchasing firewood, wakening environment from illegal logging and encroachment uncontrolled firewood and maintaining forest conservation.

This research was conducted by varying waste of nilam distillation mixed fuel with firewood with a variation of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% waste compared to firewood. Distillation capacity of each process is 60 kg of raw materials that have been chopped dried nilam. Dependent variables are sought in the form of heating value, temperature data in space heating, steam temperature and volume of nilam oil is produced for each variation of fuel weight fraction of waste nilam.

The result is a solid fuel heating value increases with increasing weight fraction of waste nilam compared to the firewood. Zones heating temperatures and steam temperature fluctuated or not stable for all variations of fuel weight fraction of waste nilam. Steam temperature below 100 ° C which indicates the water content in the steam is still high. Time required for each distillation process with a capacity of 60 kg is still relatively long time is 5 to 6 hours. Volume nilam oil products tend to increase with increasing weight fraction of fuel from the dregs of nilam.

Keywords : Waste distillation of nilam, alternative fuel, nilam oil

LATAR BELAKANG MASALAH

Salah satu produk yang dihasilkan dari proses penyulingan minyak atsiri adalah limbah penyulingan berupa ampas organik tumbuhan yang kering akibat kadar air dan minyaknya sudah diuapkan. Ampas organik dari sisa penyulingan ini merupakan biomass yang potensial untuk menjadi bahan bakar pengganti kayu bakar. Sayangnya pemanfaatan ampas penyulingan sebagai bahan bakar belum optimal dan pelaku industri kecil belum yakin efektifitas dari penggunaan ampas penyulingan tersebut. Mereka juga merasa penggunaan ampas penyulingan belum mendesak karena keberadaan kayu bakar masih mencukupi. Padahal dengan memanfaatkan ampas penyulingan akan diperoleh keuntungan ganda berupa penurunan ongkos produksi

dengan mengurangi pembelian kayu bakar, kelestarian lingkungan dan hutan terjaga dari penebangan liar dan perambahan kayu bakar yang tidak terkendali. Limbah penyulingan juga akan lebih berguna jika dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.

Penelitian ini akan mengkaji pemanfaatan ampas penyulingan pada produksi minyak atsiri sebagai bahan bakar padat alternatif yang mampu mensubstitusi bahan bakar kayu atau minyak yang selama ini menjadi bahan bakar utama. Dan hasilnya dibandingkan dengan data yang didapat dari penggunaan 100 % kayu sebagai bahan bakar.

Dari penelitian ini diharapkan akan didapatkan data nilai kalor dari ampas penyulingan sesuai penelitian, data temperatur pada daerah pemanasan,

temperatur uap dan volume minyak yang dihasilkan dari pemanfaatan ampas penyulingan sebagai bahan bakar substitutor sebagian atau seluruhnya dari bahan bakar kayu yang selama ini digunakan. Dari data-data tersebut akan dapat diketahui tingkat efektifitas ampas penyulingan sebagai bahan bakar alternatif pada proses produksi minyak atsiri sekaligus sebagai bahan bakar pengganti kayu. Jika pemanfaatan ampas penyulingan minyak atsiri tersebut efektif untuk mensubstitusi kayu bakar maka biaya bahan bakar dapat ditekan/dikurangi sehingga biaya produksi dapat ditekan. Dan jika penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar proses penyulingan dapat diminimalkan, maka penebangan dan perambahan hutan untuk mengambil kayu bakar di sekitar lokasi dapat ditekan dan lingkungan dapat dijaga kelestariannya.

DASAR TEORI

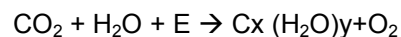
Indonesia memiliki hutan hujan tropis yang luas dan sangat potensial untuk menghasilkan sumber energi yang terbarukan. Biomassa yang dihasilkan dari berbagai tumbuhan dan hewan yang ada di Indonesia menjadi sumber bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui. Beberapa industri kecil di pedesaan umumnya mengandalkan bahan bakar kayu ataupun minyak tanah sebagai sumber energi. Tetapi karena ketersediaan minyak tanah oleh pemerintah semakin berkurang dengan adanya program konversi minyak tanah ke LPG menyebabkan industri kecil di pedesaan hanya mengandalkan sumber energi dari kayu bakar. Hal ini juga berlaku bagi industri kecil penyulingan minyak atsiri di Desa Sumberejo Kecamatan Ampelgading Kabupaten Malang. Permasalahannya adalah jika industri kecil ini hanya mengandalkan kayu bakar sebagai bahan bakar, tentu dapat mengancam kelestarian lingkungan dan hutan oleh perambahan kayu bakar. Hal demikian tentu tidak menguntungkan bagi masyarakat dan pemerintah dalam menjaga kelestarian lingkungan dan ekosistem.

Bahan Bakar Padat

Bahan bakar padat diklasifikasikan menjadi dua yaitu bahan bakar padat fosil (*fossil solid fuels*) dan bahan bakar padat bukan fosil.

1. Bahan bakar padat bukan fosil

Bahan bakar padat jenis ini merupakan produk dari foto sintesis yang berupa tumbuh-tumbuhan atau biomassa. Fotosintesis adalah proses dimana butir-butir hijau daun atau klorofil yang bekerja sebagai sel surya menyerap energi matahari dan mengkonversikan karbon dioksida dengan air menjadi suatu senyawa karbon hidrogen dan oksigen. Kadir (1996, 232) menyebutkan bahwa proses fotosintesis dirumuskan dengan reaksi kimia sebagai berikut:



dengan: E : energi cahaya

CO_2 : gas dioksida karbon

H_2O : air

$\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y$: hidrokarbon yang terjadi

O_2 : gas oksigen

Hidrokarbon yang terjadi dapat berbentuk gula tebu atau gula bit yang mempunyai rumus kimia $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ataupun misalnya berbentuk selulosa yang mempunyai rumus kimia $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$. Dengan proses ini tumbuhan dapat terus tumbuh dan berkembang yang kemudian dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia misalnya untuk bahan bakar. Sebagai bahan bakar biomassa, bahan bakar padat tersebut dapat dimanfaatkan langsung dalam proses pembakaran misalnya kayu bakar. Atau dapat diubah dahulu ke bentuk lain seperti arang kayu.

Biomassa yang dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif di Indonesia mempunyai potensi yang sangat besar. Mengingat Indonesia memiliki hutan hujan tropis yang kaya akan tumbuhan sebagai sumber biomassa. Sampah organik juga merupakan biomassa yang juga merupakan hasil proses fotosintesis yang juga dapat diubah menjadi bentuk lain, misalnya arang.

2. Bahan bakar padat fosil (*Fossil Solid Fuels*)

Bahan bakar fosil adalah bahan bakar padat yang berasal dari pemfosilan senyawa karbohidrat $C_x(H_2O)_y$ yang dihasilkan oleh tumbuh-tumbuhan selama jutaan tahun. Bahan bakar padat fosil yang digunakan saat ini kebanyakan diproduksi pada masa *carboniferous* dalam era *paleozoicum*, sekitar 350 juta tahun yang lalu. Tumbuh-tumbuhan yang mati mengalami penekanan dan panas, karena ketiadaan oksigen maka terjadi perubahan dari karbohidrat $C_x(H_2O)_y$ berubah menjadi senyawa hidrokarbon C_xH_y . Perubahan karbohidrat menjadi senyawa hidrokarbon dalam bahan bakar padat fosil merupakan proses pengarangaran yang memakan waktu berjuta-juta tahun dimana tumbuh-tumbuhan menjadi gambut kemudian berubah menjadi lignit yang lama kelamaan akan berubah menjadi batu bara.

Bahan bakar padat fosil diklasifikasikan menjadi dua macam versi, yaitu klasifikasi menurut *World Energy Council* (WEC) dan klasifikasi menurut *American Society for Testing Materials* (ASTM). Perbedaan kedua klasifikasi ini adalah pada gambut. *World Energy Council* (WEC) memasukkan gambut sebagai salah satu jenis bahan bakar padat, sedangkan *American Society for Testing Materials* (ASTM) tidak.

Pembakaran Bahan Bakar Padat

Pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia antara O_2 dari udara dengan unsur-unsur yang ada dalam bahan bakar. Bahan bakar padat yang sebagian besar terdiri dari karbon, hydrogen dan oksigen, pembakarannya berlangsung sebagai berikut : mula-mula bahan bakar padat tersebut membentuk gas-gas yang biasa disebut menge-gas (*ontgassing*) pada saat destilasi kering. Selanjutnya gas-gas tersebut akan terurai lebih lanjut menjadi CO dan H_2 (*water gas*) dan akan terbakar. Sedangkan arang atau kokas yang tertinggal (yang semuanya terdiri dari karbon/ C) akan menguap atau mengalami sublimasi terlebih dahulu, dan kemudian baru terbakar menjadi CO yang untuk selanjutnya akan terbakar menjadi CO_2 bila jumlah oksigen yang tersedia mencukupi.

Udara pembakar, yang diperlukan untuk *ontgassing* dari karbon (C), disebut udara

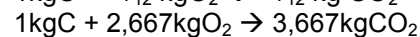
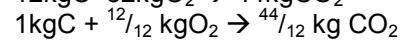
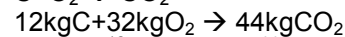
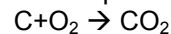
primer, sedangkan udara pembakar yang digunakan untuk membakar gas-gas CO menjadi CO_2 disebut udara sekunder. Dengan demikian maka pada waktu membakar bahan bakar padat, dapat dibagi menjadi 2 periode, yaitu :

- Mengegaskan (*ontgassing*) bahan bakar padat menjadi gas-gas yang bermacam-macam susunannya, dan
- Membakar lebih lanjut gas-gas yang terbentuk tadi menjadi CO dan selanjutnya menjadi CO_2 .

Sebelum proses pembakaran berlangsung, terlebih dahulu bahan bakar dinaikkan temperatur penyalaannya.

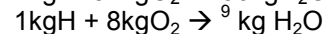
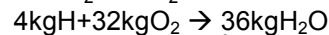
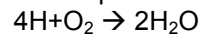
Untuk menghasilkan uap pada instalasi penguapan air dipergunakan energi panas yang diperoleh dari proses pembakaran bahan bakar. Dalam pembakaran dilepaskan energi berupa kalor dalam gas hasil pembakaran. Unsur-unsur bahan bakar yang terbakar antara lain :

- Reaksi pembakaran karbon



Jadi pembakaran 1 kg C memerlukan 2,667kg O_2 dan terbentuk 3,667 kg CO_2

- Reaksi pembakaran hydrogen



Jadi pembakaran 1 kg H_2 memerlukan 8 kg O_2 dan terbentuk 9 kg H_2O .

Penguapan

Penguapan adalah proses perubahan fase dari fase cair menuju ke fase uap. Agar terjadi perubahan fase diperlukan sejumlah energi yang kemudian disebut energi penguapan. Untuk melakukan proses penguapan air umumnya digunakan ketel uap.

Ketel uap berfungsi sebagai pesawat pengubah air menjadi uap panas lanjut dengan jalan pemanasan. Panas ini diperoleh dari proses pembakaran bahan bakar dalam dapur ketel dan gas panas yang dihasilkan digunakan untuk merubah air menjadi uap yang dialirkan melalui pipa-

pipa penguap dan pemanas atau digunakan untuk menguapkan air yang ada pada tangki penguapan. Ketel uap umumnya terdiri dari drum, yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api ataupun pipa air.

Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.)

Nilam adalah jenis tanaman semak tropis penghasil sejenis minyak atsiri yang dinamakan sama (minyak nilam). Dalam perdagangan internasional, minyak nilam dikenal sebagai minyak *patchouli* (dari bahasa Tamil *patchai* (hijau) dan *ellai* (daun), karena minyaknya disuling dari daun). Aroma minyak nilam dikenal 'berat' dan 'kuat' dan telah berabad-abad digunakan sebagai wangi-wangian (parfum) dan bahan dupa atau setinggi pada tradisi timur. Harga jual minyak nilam termasuk yang tertinggi dibandingkan dengan minyak atsiri lainnya.

Tumbuhan nilam berupa semak yang bisa mencapai satu meter. Tumbuhan ini menyukai suasana teduh, hangat, dan lembab. Mudah layu jika terkena sinar matahari langsung atau kekurangan air. Bunganya menyebarkan bau wangi yang kuat. Bijinya kecil dan proses pembiakan biasanya dilakukan secara vegetatif.

Minyak nilam

Minyak nilam tergolong dalam minyak atsiri dengan komponen utamanya adalah *patchoulol*. Daun dan bunga nilam mengandung minyak ini, tetapi orang biasanya mendapatkan minyak nilam dari penyulingan uap terhadap daun keringnya (seperti pada minyak cengkeh). Di Indonesia minyak nilam juga disuling dari kerabat dekat nilam yang asli dari Indonesia, yaitu nilam Jawa (*Pogostemon heyneani*) yang memiliki kualitas lebih rendah.

Minyak nilam yang baik umumnya memiliki kadar PA di atas 30%, berwarna kuning jernih, dan memiliki wangi yang khas dan sulit dihilangkan. Minyak nilam jenis ini didapat dengan menggunakan teknik penyulingan uap kering yang dihasilkan mesin penghasil uap (*boiler*) yang diteruskan ke dalam tangki reaksi (autoklaf). Selanjutnya uap akan menembus bahan baku nilam kering dan uap yang ditimbulkan diteruskan ke bagian pemisahan untuk dilakukan

pemisahan uap air dengan uap minyak nilam dengan sistem penyulingan. Minyak nilam yang baik dihasilkan dari tabung reaksi dan peralatan penyulingan yang terbuat dari baja tahan karat (*stainless steel*) dan peralatan tersebut hanya digunakan untuk menyuling nilam saja (tidak boleh berganti-ganti dengan bahan baku lain).

Karena sifat aromanya yang kuat, minyak ini banyak digunakan dalam industri parfum. Sepertiga dari produk parfum dunia memakai minyak ini, termasuk lebih dari separuh parfum untuk pria. Minyak ini juga digunakan sebagai pewangi kertas tisu, campuran deterjen pencuci pakaian, dan pewangi ruangan. Fungsi yang lebih tradisional adalah sebagai bahan utama setinggi dan pengusir serangga perusak pakaian. Aroma minyak nilam dianggap 'mewah' menurut persepsi orang Eropa, tetapi orang sepakat bahwa aromanya bersifat menenangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan penggunaan bahan bakar campuran ampas penyulingan nilam berupa bahan bakar padat dengan kayu bakar dengan variasi 0 %, 25 %, 50 %, 75 % dan 100 % ampas dibanding kayu bakar. Kapasitas penyulingan tiap proses adalah 60 kg bahan baku nilam kering yang sudah dicacah. Variabel terikat yang dicari adalah data perubahan temperatur di daerah pemanasan pada ketel (3 titik) dan temperatur uap basah (2 titik) menggunakan sensor temperatur yang dilengkapi dengan ADC dan komputer untuk mengolah dan menampilkan data temperatur. Juga dihitung volume minyak nilam yang dihasilkan tiap variasi fraksi berat bahan bakar ampas nilam menggunakan gelas ukur. Dari data tersebut diharapkan dapat diketahui prosentase yang optimum dari pencampuran bahan bakar ampas nilam dan kayu serta efektifitas penggunaan ampas nilam sebagai bahan bakar substitutor kayu bakar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar

Sebelum dilakukan pengambilan data lapangan berupa data temperatur dan data volume minyak, terlebih dahulu dilakukan pengujian nilai kalor bahan bakar padat berupa ampas nilam kering dan kayu bakar, dan hasilnya sebagaimana tabel 2 berikut :

Tabel 2. Nilai kalor bahan bakar berdasarkan fraksi berat ampas nilam (Kal/gram)

NO	Fraksi Berat Ampas Nilam Dibandingkan Kayu (%)	Nilai Kalor Rata-rata (Kal/gram)
1	0 – 100	3627.44
2	25 -75	3643.46
3	50 – 50	3651.47
4	75 – 25	3683.50
5	100 – 0	3699.51

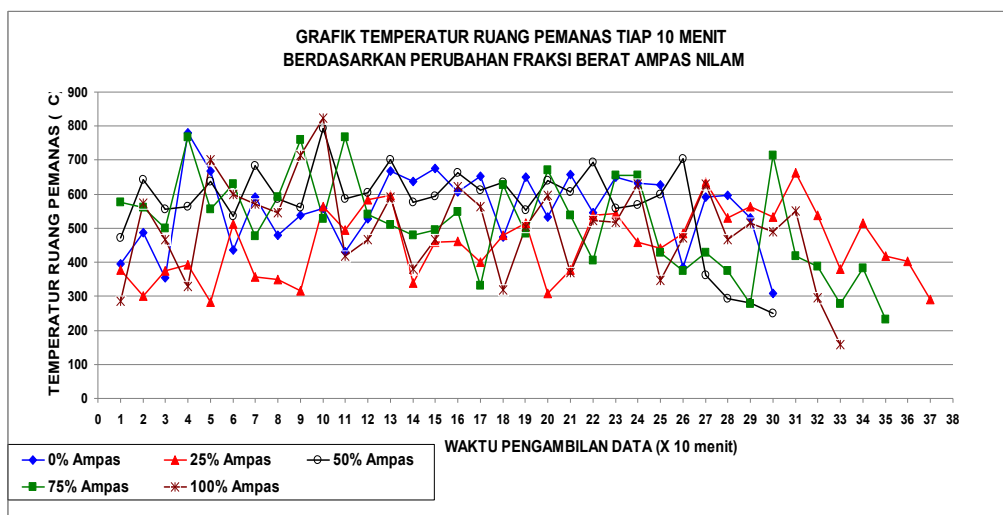
Dari tabel 2 diketahui bahwa nilai kalor bahan bakar meningkat dengan bertambahnya fraksi berat ampas nilam dibanding kayu bakar. Ampas nilam dan kayu bakar tersebut diambil secara acak dari bahan bakar dan ampas nilam yang selama ini dipakai oleh industri kecil tempat penelitian. Dapat disimpulkan bahwa nilai ampas nilam sisa penyulingan memiliki nilai kalor lebih tinggi dibanding kayu bakar. Tingginya nilai

kalor ampas nilam ini disebabkan karena kadar air pada ampas sudah rendah akibat proses penyulingan.



Gambar 1. Penempatan sensor temperatur di ruang pemanas dan di pipa uap

Data temperatur mulai diambil ketika sudah dihasilkan tetesan air bercampur minyak pada mangkok penampung minyak dan air, dan pengukuran akan dihentikan ketika kadar minyak dalam air yang diuapkan sudah habis. Waktu total pengukuran untuk semua variasi fraksi berat sampai kadar minyak dalam uap habis berkisar antara 5 sampai 6 jam. Waktu pengukuran temperatur sampai kadar minyak habis tidak sama antar fraksi berat. Rata-rata hasil pengukuran temperatur pada daerah pemanasan ditampilkan dalam gambar 2.

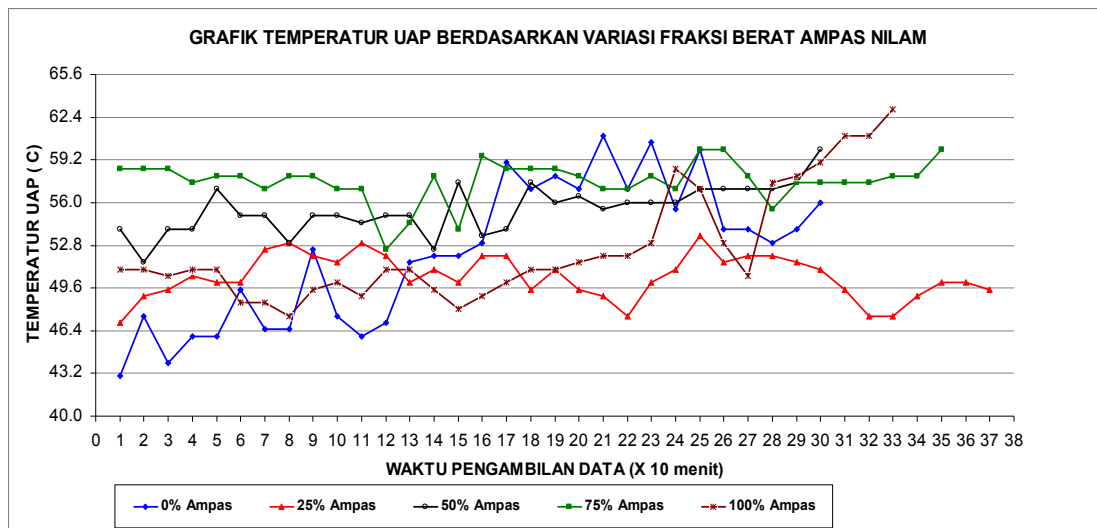


Gambar 2. Grafik temperatur rata-rata daerah pemanasan ketel (°C) yang diambil tiap 10 menit

Dari gambar 2 diketahui bahwa terdapat perbedaan temperatur ruang pemanasan rata-rata (data temperatur rata-rata dari 3 titik pengukuran pada daerah pemanasan dan 2 titik pengukuran pada daerah penguapan berdasarkan variasi fraksi berat bahan bakar ampas nilam. Temperatur ruang pemanasan rata-rata untuk semua variasi fraksi berat dari awal sampai akhir pengambilan data mengalami fluktuasi atau tidak stabil. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur pemanasan hasil pembakaran bahan bakar padat seperti kayu atau ampas nilam tidak stabil. Lama pengambilan data temperatur pemanasan

sampai kadar minyak dalam uap habis untuk 0 % ampas dan 50 % ampas adalah 5 jam. Sedangkan waktu pengambilan data temperatur pemanasan untuk 100 % ampas adalah 5,5 jam dan untuk 75 % ampas 5 jam 50 menit serta untuk 25 % ampas 6 jam 10 menit.

Temperatur uap diambil di dua titik dalam pipa uap di dekat ruang pengukusan bagian atas. Pengambilan data temperatur uap dilakukan bersamaan dengan pengambilan data temperatur pemanasan yaitu tiap 10 menit dan hasilnya ditampilkan dalam gambar 3



Gambar 3. Grafik temperatur uap berdasarkan variasi fraksi berat ampas nilam yang diambil tiap 10 menit selama proses produksi minyak nilam

Grafik pada gambar 3 menunjukkan adanya perbedaan temperatur uap rata-rata berdasarkan variasi fraksi berat bahan bakar ampas nilam. Temperatur uap rata-rata untuk semua fraksi berat ampas nilam selama proses penyulingan mengalami fluktuasi atau tidak stabil. Berdasarkan grafik tersebut data temperatur yang terukur terdistribusi dari 43 °C sampai 62,4 °C. Rendahnya temperatur uap tersebut menunjukkan bahwa pada daerah pengukuran sudah mulai terjadi pendinginan uap jenuh dengan indikasi keadaan uap sudah banyak mengandung air dan minyak.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa temperatur uap pada 75 % ampas nilam yang terdistribusi paling tinggi dan relatif stabil, yaitu terdistribusi pada 52,8 °C sampai 60 °C dengan lama waktu proses sekitar 6 jam. Temperatur uap pada 50 % ampas nilam terdistribusi pada 51,5 °C sampai 57,5 °C dengan lama proses sekitar 5 jam. Temperatur uap untuk 0 % ampas nilam cenderung meningkat dari awal sampai 4 jam dan selanjutnya mengalami penurunan sampai akhir pengukuran. Temperatur uap pada 100 % ampas nilam mengalami kenaikan dari awal sampai akhir pengukuran atau dari 10 menit sampai 5,5 jam.

Temperatur uap untuk 25 % ampas nilam hanya terdistribusi pada temperatur 47 °C sampai 53 °C namun waktu prosesnya lebih dari 6 jam.

Hasil Pengukuran Volume Produk Minyak Nilam

Setelah melewati mekanisme pendinginan, uap jenuh akan mengalir ke penampungan minyak dan air dengan posisi minyak nilam berada di atas dan air di bawah. Untuk memisahkan minyak dilakukan dengan membuang air dari kaleng pengumpul minyak di bagian bawah.

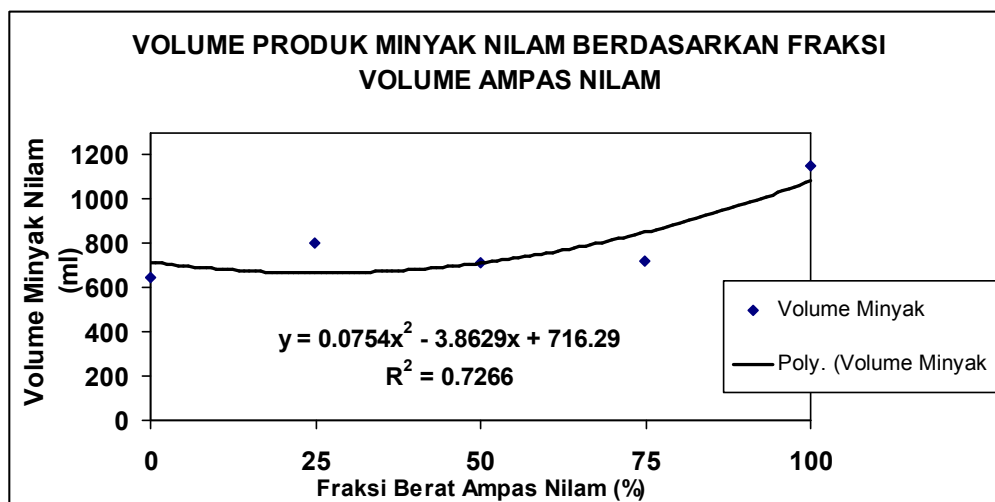
Selanjutnya hasil produk minyak nilam untuk tiap-tiap fraksi berat bahan bakar ampas nilam dimasukkan dalam gelas ukur untuk dilihat volumenya. Hasil pengukuran

volume produk minyak nilam yang dihasilkan dari proses penyulingan berdasarkan variasi fraksi berat ditampilkan dalam tabel 3.

Tabel 3. Volume minyak nilam berdasarkan perubahan fraksi berat ampas nilam

No	Variasi Fraksi Berat Ampas Nilam (%)	Volume Minyak Nilam (ml)
1	0	650
2	25	800
3	50	710
4	75	720
5	100	1150

Data tersebut selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik pengaruh fraksi berat ampas nilam terhadap volume produk minyak nilam

Dari gambar 4 diketahui bahwa volume produk minyak nilam yang dihasilkan cenderung meningkat dengan naiknya fraksi berat bahan bakar dari ampas nilam mengikuti persamaan $Y = 0,0754X^2 - 3,8629X + 716,29$. Jika dikaitkan dengan tabel 2 dapat disimpulkan bahwa nilai kalor bahan bakar padat berdasarkan variasi fraksi berat ampas nilam dengan kayu berbanding lurus dengan volume minyak nilam yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan ampas nilam lebih efektif untuk meningkatkan volume

produk minyak nilam dibandingkan dengan penggunaan kayu sebagai bahan bakar. Efektifitas ampas nilam sebagai bahan bakar alternatif dipengaruhi oleh kadar air pada ampas yang sudah rendah akibat proses penguapan sebelumnya. Kadar air yang rendah ini menyebabkan nilai kalor ampas nilam tinggi bahkan lebih tinggi dibanding kayu bakar.

Sedangkan jika dihubungkan dengan grafik pada gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa volume produk minyak yang besar

diperoleh dari proses penyulingan yang lama yaitu pada fraksi berat ampas nilam 25 %, 75 % dan 100 %. Sedangkan waktu proses yang pendek juga akan menghasilkan volume produk yang sedikit. Secara umum volume minyak yang dihasilkan belum optimal, hal ini diakibatkan oleh temperature pemanasan yang tidak stabil selama proses pengukusan nilam.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan pada bab terdahulu, dapat disimpulkan bahwa :

- Nilai kalor bahan bakar padat meningkat sebanding dengan kenaikan fraksi berat ampas nilam dibanding kayu bakar.
- Temperatur daerah pemanasan dan temperature uap mengalami fluktuasi atau tidak stabil untuk semua variasi fraksi berat bahan bakar ampas.
- Waktu yang dibutuhkan untuk proses penyulingan sampai kadar minyak dari bahan baku yang dikukus habis relatif lama yaitu 5 sampai 6 jam.
- Volume produk minyak nilam yang dihasilkan cenderung meningkat dengan

naiknya fraksi berat bahan bakar dari ampas nilam, mengikuti persamaan $Y = 0,0754X^2 - 3,8629X + 716,29$.

- Secara umum volume minyak yang dihasilkan belum optimal, hal ini diakibatkan oleh temperature pemanasan yang tidak stabil selama proses pengukusan nilam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Culp, A. W., 1979, *Principles of Energy Conversion*, Mc. Graw Hill, New York.
- [2] Kadir, A., 1996, *Energi : Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi*, Edisi Kedua, UI Press, Jakarta
- [3] Muin, Syamsir A., 1988, *Pesawat-pesawat Energi I (Ketel Uap)*, Rajawali Press, Jakarta
- [4] Nuryani, Y., Emmyzar dan Wiratno, 2005, *Budidaya Tanaman Nilam*, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika
- [5] Supomo, S. K., 1978, *Limbah Pertanian Sebagai Bahan Bakar Dewasa Ini dan Prospeknya*, Makalah Lokakarya Energi, Jakarta.