

## Modifikasi Ketel Penyuling Nilam Untuk Mempersingkat Waktu Penyulingan

Farel H. Napitupulu

### Abstrak

Rendahnya mutu minyak nilam di Indonesia disebabkan karena umumnya petani nilam di Indonesia merupakan petani tradisional. Kebanyakan petani belum mengikuti pola penyulingan yang baik dan benar. Mereka hanya berdasarkan pengalaman – pengalaman sebelumnya. Peralatan penyulingan yang digunakan terbuat dari drum bekas yang dapat bereaksi dengan minyak nilam, sehingga dapat mengubah struktur kimia minyak. Disamping itu alat ini belum menggunakan bahan isolasi panas, sehingga uap yang digunakan untuk penyulingan tidak sempurna dan terjadi pemborosan energi yang pada akhirnya menambah biaya pengolahan. Makalah ini menyajikan rancangan modifikasi ketel penyuling nilam. Dengan ketel yang dimodifikasi ini, waktu penyulingan lebih cepat, hemat bahan bakar, dan kualitas minyak terjaga.

**Kata Kunci :** Kualitas minyak, waktu penyulingan, efisiensi.

### Abstract

Lower quality of patchouli oil in Indonesia cause of generally farmer of patchouli in Indonesia is traditional farmer. many of them not yet follow the best refine system. They do it base of previously experience. Refinery equipment that used from former drum that can be reaction with patchouli oil, with the result that can to change chemistry structure of oil. Beside of that, this equipment not yet use heat isolation, with the result that the steam that used to refinery are not perfect and consist the energy wasful that finally increasing processing cost. This paper represent designa of bolier modification for patchouli re finery. With this modification bolier, time of refine faster, economical material burn, and guarantee of oil quality

**Key words :** Oil quality, refinery time, efficiency.

## 1. Pendahuluan

Minyak nilam yang lebih dikenal dengan nama minyak *patchouli* (patchouli oil ), termasuk dalam golongan minyak atsiri. Minyak nilam dihasilkan dari tanaman nilam (*Pogostemon cablin*, BATH ) melalui proses penyulingan. Mempunyai aroma wangi , khas dan bersifat fiksatif sehingga banyak digunakan dalam industri kosmetika, sabun, dan wewangian parfum ).

Minyak Nilam merupakan salah satu komoditi ekspor Indonesia, sehingga faktor mutu sangat penting ditingkatkan. Faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas minyak nilam adalah jenis dan mutu daun, cara penyulingan dan lama penyimpanan. [1]

Rendahnya mutu minyak nilam di Indonesia disebabkan karena umumnya petani nilam di Indonesia merupakan petani tradisional. Kebanyakan petani belum mengikuti pola penyulingan yang baik dan benar. Mereka hanya berdasarkan pengalaman – pengalaman sebelumnya. Peralatan penyulingan yang digunakan terbuat dari drum bekas yang dapat bereaksi dengan minyak nilam, sehingga dapat mengubah struktur kimia minyak. Disamping itu alat ini belum menggunakan bahan isolasi panas,

sehingga uap yang digunakan untuk penyulingan tidak sempurna dan terjadi pemborosan energi yang pada akhirnya menambah biaya pengolahan.

Bertitik tolak dari uraian di atas, penulis memodifikasi ketel penyuling yang biasa digunakan petani menjadi lebih efisien dan dapat menjaga mutu minyak nilam.

## 2. Penyulingan Minyak Nilam

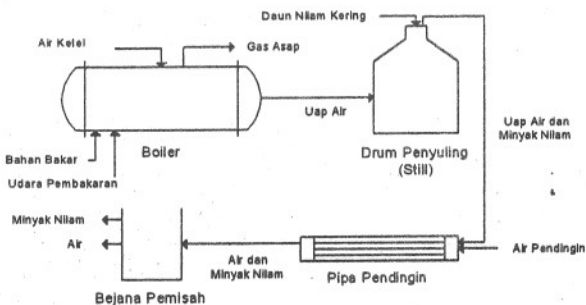
Penyulingan dapat didefinisikan sebagai suatu proses pemisahan komponen yang berupa cairan atau padatan dari dua macam campuran atau lebih, berdasarkan perbedaan titik uap masing – masing zat tersebut. Proses ini dilakukan terhadap minyak atsiri yang tidak larut dalam air [2].

Cara penyulingan mempengaruhi randamen dan mutu minyak nilam. Cara penyulingan minyak nilam yang paling baik adalah penyulingan dengan uap langsung. Penyulingan dengan sistem ini pada dasarnya hanyalah dengan mengalirkan uap yang bertekanan tinggi. Pada cara ini, drum perebus air ( ketel ) dipisahkan dari drum bahan ( still ). Uap air yang dihasilkan pada ketel perebus air, dialirkan pada sebuah pipa ke dalam drum bahan. Bahan yang

disuling diletakkan di atas piringan yang berlubang – lubang di dalam drum. Piringan boleh lebih dari satu dan disusun secara bertingkat. Untuk memudahkan pergerakan uap air ke tingkat yang lebih tinggi, maka harus disediakan ruang kosong antara bahan yang terletak pada piringan di bawahnya dengan piringan di atasnya. Antara piringan yang terletak pada susunan yang paling bawah dan alas drum harus ada ruang kosong sebagai tempat penampung uap yang dihasilkan oleh ketel.

Uap jernih yang dihasilkan di ketel dialirkan ke drum bahan. Bersama uap air ini minyak nilam akan ikut terbawa. Selanjutnya campuran minyak dan uap dikondensasi di pipa pendingin. Setelah mengalami pendinginan, campuran air dan minyak ditampung di bejana pemisah. Dengan adanya perbedaan berat jenis maka air dapat dipisahkan dari minyak. Penyulingan dengan cara ini akan menghasilkan minyak yang bermutu tinggi.

Semua peralatan penyulingan sebaiknya terbuat dari logam yang tidak mudah berkarat. Logam yang mudah berkarat dapat bereaksi dengan minyak, sehingga dapat mempengaruhi komposisi dan warna minyak. Logam yang terbukti tidak bereaksi dengan minyak adalah baja tahan karat yang lebih dikenal dengan stainless steel [3]. Logam Aluminium juga dapat digunakan sebagai bahan ketel sulingan, karena tidak mempengaruhi mutu minyak [2]. Diagram alir penyulingan minyak nilam dengan metode uap langsung ditunjukkan pada gambar 1.

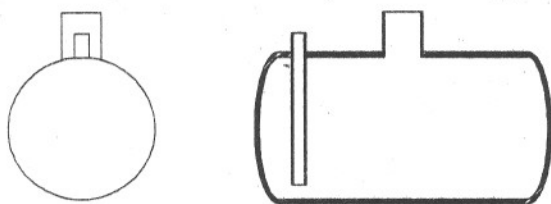


**Gambar 1. Diagram Alir Penyulingan Minyak Nilam dengan Metode Uap Langsung**

### 3. Modifikasi Komponen Utama Ketel

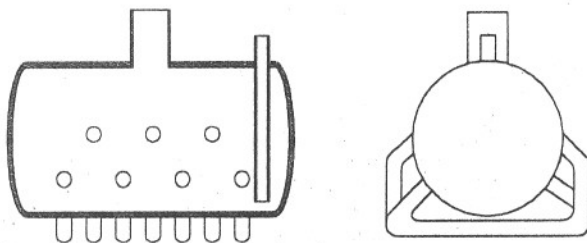
Drum ketel berfungsi untuk menampung air, tempat pemanasan air dan sekaligus menampung uap sebelum dialirkan ke still. Drum dirancang dengan volume tertentu yang mampu menampung air dan uap sekaligus sehingga tidak terjadi kehabisan air pada saat operasi berlangsung. Konstruksi drum yang biasa

digunakan petani dapat dilihat seperti gambar 2 berikut.



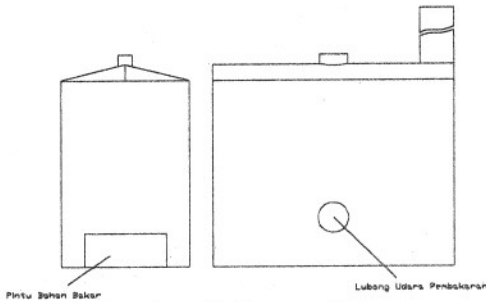
**Gambar 2. Drum Ketel Penyuling Nilam Konvensional**

Agar efisiensi pemanasan air lebih tinggi, maka pada bagian sisi drum ditambahkan pipa yang ujung satunya dihubungkan ke sisi drum lainnya. Tinggi kedua ujung pipa ini dibuat berbeda agar air masuk melalui ujung yang lebih rendah dan keluar (masuk ke drum) melalui ujung yang lebih tinggi sesuai sifat air. Penambahan pipa ini dimaksudkan agar bidang permukaan yang bersentuhan dengan sumber panas lebih banyak. Pipa disusun sedemikian rupa berselang-seling agar air pada semua bagian drum diharapkan masuk ke pipa secara merata dan keluar dari bagian pipa yang lebih tinggi dalam bentuk uap, masuk ke bagian drum secara merata. Drum yang hasil modifikasi dapat dilihat seperti gambar 3 berikut.



**Gambar 3. Drum ketel penyuling nilam yang dimodifikasi**

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi hasil pembakaran bahan bakar, konstruksi ruang bakar dimodifikasi sedemikian rupa sehingga panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar didalam ruang bakar dapat diserap dengan sempurna oleh air. Ruang bakar hasil modifikasi berbentuk kotak dengan bagian atas berbentuk lancip mengikuti sudut kemiringan tertentu sesuai kebutuhan. Ruang bakar yang dirancang dapat dilihat seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4. Ruang Bakar

**Perhitungan Dimensi**

**1. Kebutuhan Uap**

Minyak nilam yang akan dipisahkan terdiri dari 5 komponen yaitu :Bulnesene, Patchoulien, Patchouly Alkohol, Benzaldehide, dan Caryophyllene.

Menurut [4], jumlah uap yang dibutuhkan pada penyulingan minyak nilam dapat dihitung dengan rumus :

$$\sum_{i=s,r} \frac{L_i}{\beta_i} \left[ 1 - \left( \frac{L_b}{L_b^0} \right)^{\beta_i} \right] + L_r^0 \ln \frac{L_b^0}{L_b} = \frac{E_b P_b}{P_t} (L^0 - L + S)$$

Dimana :

- S = jumlah uap yang dibutuhkan pada penyulingan ( mol )
- L = mol komponen minyak yang tidak tersuling
- $L_r^0$  = mol komponen ampas.
- $L^0$  = total mol komposisi penyusun minyak nilam.
- E = efisiensi penyulingan.
- $P_t$  = tekanan operasi ( atm )
- i = komponen minyak nilam ke-i
- b = komponen referensi ( Patchouli Alkohol )
- r = komponen nonvolatile ( ampas )

Jenis daun nilam yang digunakan sebagai basis perhitungan pada perencanaan ini adalah Pogostemon Cablin dengan kandungan minyak 2,5 – 5 % [5]. Alasan pemilihan pogostemon cablin adalah karena tanaman nilam jenis ini memiliki kandungan minyak paling banyak dibandingkan dengan tanaman nilam jenis lainnya dan paling banyak diminati pasar karena kualitas minyaknya yang baik. Pada perencanaan ini akan dilakukan perhitungan kebutuhan uap pada kondisi daun dengan kandungan 2,5 % minyak dan 5 % minyak. Kebutuhan uap yang paling banyak pada kedua kondisi ini akan dijadikan sebagai acuan perhitungan dimensi ketel.

Untuk kapasitas olah ketel 40 kg daun nilam kering, dengan persamaan 1 didapat mol uap yang dibutuhkan sebesar  $S = 34.292 \text{ mol} = 617,949 \text{ kg}$ . Menurut [6], waktu penyulingan yang paling baik adalah 6 – 8 jam. Dalam perencanaan ini, waktu penyulingan adalah 6 jam. Sehingga kebutuhan uap tiap jam  $m=103 \text{ kg / j}$

**2. Kebutuhan Bahan Bakar**

Pada perancangan ketel uap ini, bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar yang umum digunakan pada ketel penyuling minyak nilam, yaitu kayu. Analisa nilai kalor pembakaran kayu dengan bom kalorimeter memberikan hasil, HHV = 4249,246 kkal / kg dan LHV = 3475, 534 kkal / kg.

Banyaknya bahan bakar yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan uap pada penyulingan minyak nilam ditentukan dengan persamaan menurut [7] sebagai berikut:

$$m = \frac{m_u \times (h_{uk} - h_{ak})}{\eta_k \times LHV} \text{ (kg / j)}$$

Dimana :

- $m_u$  = massa uap yang dibutuhkan pada penyulingan minyak nilam (kg/j)
- $h_{uk}$  = entalphi uap pada tekanan 1 atm dan suhu 100°C [8]
- $h_{ak}$  = entalphi air masuk ketel pada suhu 27°C [8]
- $\eta_k$  = efisiensi ketel uap [9]
- LHV = nilai kalor bahan bakar kayu (kkal/kg)

Maka :

$$m = \frac{103 \times (639,05268 - 27,0441)}{0,8 \times 3475, 534} \text{ (kg/j)}$$

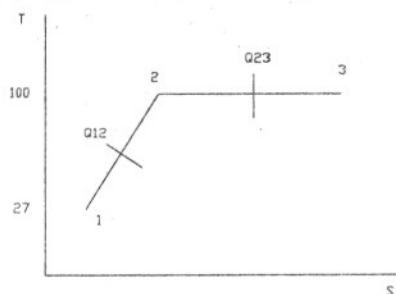
$$m = 22,670 \text{ kg / j}$$

Hasil ini setara dengan 136, 02 kg bahan bakar selama 6 jam operasi. Petani nilam di Paronggil Kabupaten Dairi menghabiskan sekitar 210 – 280 kg kayu untuk menyuling 40 kg dun nilam. Membandingkan kebutuhan bahan bakar hasil perhitungan di atas dengan bahan bakar yang dibutuhkan petani, kita dapat menghemat sekitar 40% bahan bakar.

**3. Dimensi Drum**

Dianggap air mengalami dua tahap pemanasan hingga dihasilkan uap yang siap digunakan pada still ( drum

penyulingan). Tahap pertama air dipanaskan dalam drum hingga suhunya mencapai 100<sup>o</sup> C, selanjutnya air panas ini masuk ke pipa dan fasanya diubah menjadi uap dengan suhu 100<sup>o</sup> C. Suhu air masuk drum diasumsikan 27<sup>o</sup> C. Proses pembentukan uap dalam drum dapat dilihat pada gambar 5 berikut :



**Gambar 5. Proses Pembentukan Uap Dalam Drum**

Dari gambar di atas, total kalor yang dibutuhkan untuk menghasilkan uap dengan suhu 100<sup>o</sup> C, adalah :

$$Q_{tot} = Q_{12} + Q_{23}$$

Menurut [10]  $Q_{12}$  dihitung dengan rumus :

$$Q_{12} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Dimana :

$Q_{12}$  = kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air (kJ/j)

$m$  = massa air yang dipanaskan (kg/j)

$C_p$  = panas spesifik air, kJ/kg.<sup>o</sup>C  
= 4,22 kJ/kg.<sup>o</sup>C [8]

$\Delta T$  = perubahan suhu air (<sup>o</sup>C)

Maka:

$$Q_{12} = 103 \cdot 4,22 \cdot (100-27) = 8813,94 \text{ W}$$

Kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan air, yaitu

$$Q_{23} = m \cdot L$$

Dimana :

$Q_{23}$  = kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan air (kJ/j)

$m$  = massa air yang berubah menjadi uap (kg/j)

$L$  = panas laten penguapan air (kJ/kg)  
= 2257,1 kJ/kg [8]

Maka :

$$Q_{23} = 103 \cdot 2257,1 \text{ (kJ/j)} = 64578,14 \text{ W}$$

Sehingga :

$$Q_{tot} = 8813,94 + 64578,14 = 73392,08 \text{ W}$$

Aga, bahan drum tidak bereaksi dengan air, direncanakan bahan drum adalah AISI 304 dengan panjang bagian dalam drum adalah 180 cm dan diameter dalam drum adalah 60 cm. Besarnya panas yang masuk melalui permukaan selimut drum menurut [11] adalah:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Dimana :

$Q$  = kalor yang masuk melalui permukaan selimut drum (W)

$A$  = luas permukaan selimut drum (m<sup>2</sup>)

$U$  = koefisien perpindahan panas menyeluruh. (W/m<sup>2</sup>.<sup>o</sup>C)

$\Delta T$  = perbedaan temperature (<sup>o</sup>C)

Dengan analisa perpindahan panas yang terjadi pada drum kita mendapatkan tebal drum sebesar 3 mm.

#### 4. Pipa Ketel

Bahan pipa terbuat dari AISI 304 dengan ukuran nominal 2 in schedule 40. Jumlah pipa direncanakan (N) = 14 buah. Diasumsikan kebutuhan uap 103 kg/jam terbagi secara merata pada pipa. Pipa air disusun sedemikian rupa, hingga panjang bagian horizontal sama dengan lebar ruang bakar. Kalor yang masuk ke pipa untuk mengubah fasa air menjadi uap adalah:

$$Q = m \cdot L$$

Dimana :

$Q$  = kalor yang dibutuhkan untuk menguapkan air (W)

$m$  = massa air yang berubah menjadi uap (kg/j)

$$= \frac{103}{14} \text{ kg/j}$$

$$= 7,357 \text{ kg/j}$$

$L$  = panas laten penguapan air (kJ/kg)

Maka :

$$Q = 7,357 \cdot 2257,1 \text{ W} = 4612,724 \text{ W}$$

Dengan analisa perpindahan panas yang terjadi pada pipa kita mendapatkan panjang pipa sebesar 2,174 m. Panjang pipa bagian horizontal ditetapkan sebesar 110 cm, jarak pipa ke drum 14,365 cm. Maka dengan menerapkan teorema pythagoras kita mendapatkan panjang bagian pada bagian lain sebesar 42,336 cm dan 40,73 cm. Jarak antar pipa adalah :

$$S_n = \frac{L - (N \times D)}{N + 1} \text{ cm}$$

Dimana :

$S_n$  = jarak antar pipa (cm)

$L$  = panjang drum (cm)

$N$  = jumlah pipa

$D$  = diameter luar pipa

Maka :

$$S_n = \frac{180 - (14 \times 6,033)}{14 + 1} \text{ cm}$$

$$S_n = 6,369 \text{ cm.}$$

### 5. Ruang Bakar

Sudut kemiringan bagian atas ruang bakar ( $\alpha$ ) =  $15^\circ$   
 [9]. Beban tungku direncanakan  $120.000 \text{ kJ/m}^3 \text{ jam}$ .  
 Volume ruang bakar menurut [9] adalah :

$$V_f = \frac{(Q_{bb})_{tersedia}}{h_{rf}}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q_{bb} &= \text{k calor bahan bakar (kkal/kg)} \\ h_{rf} &= \text{Beban tungku, diperkirakan} \\ &120.000 \text{ kkal/kg. m}^3. \end{aligned}$$

Maka volume ruang bakar adalah :

$$\begin{aligned} V_f &= \frac{m_{bb} \times \text{HHV}}{120000} \\ &= 3,36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dalam ruang bakar terdapat drum dengan volume  $0,50868 \text{ m}^3$ , maka volume ruang bakar yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} V_f &= 3,36 + 0,50868 \\ &= 3,87 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan sebelumnya didapat panjang pipa bagian horizontal adalah 110 cm. Lebar ruang bakar sama dengan panjang pipa ini. Panjang ruang bakar adalah 210 cm, maka dengan teorema pythagoras didapat tinggi ruang bakar sebesar 182,21 cm

### 6. Efisiensi Ketel

Untuk mengetahui efisiensi ketel, berikut adalah perbandingan panas proses dengan panas yang dilepaskan bahan bakar.

- Panas yang diserap drum ketel.

$$Q_{12} = 31730,18 \text{ kJ/jam}$$

- Panas yang diserap pipa ketel.

$$Q_{23} = 232481,3 \text{ kJ/j}$$

Panas pembakaran bahan bakar.

$$Q_{bb} = \text{k calor bahan bakar (kkal/kg)}$$

$$= m_{bb} \times \text{LHV}$$

$$= 22,670 \times 14554,163$$

$$= 329939,767 \text{ kJ/kg}$$

Maka efisiensi adalah :

$$\eta_k = \frac{\text{k calor yang terpakai}}{\text{k calor yang dilepas bahan bakar}} \times 100\%$$

$$= \frac{Q_{12} + Q_{23}}{Q_{bb}} \times 100\%$$

$$= \frac{31730,18 + 232481,3}{329939,767}$$

$$= 80,07 \%$$

### 4. Kesimpulan

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan modifikasi pada beberapa bagian utama, dapat menghemat bahan bakar sekitar 40% bahan bakar dan mempersingkat waktu penyulingan 2 jam dari 8 jam yang biasanya dibutuhkan petani nilam. Efisiensi ketel didapat sebesar 80,07%.

### 5. Daftar Pustaka

- [1]. Guenther, E., "Minyak Atsiri", Terjemahan S. Ketaren, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 1987.
- [2]. Ketaren, S., "Pengantar Teknologi Minyak Atsiri", Penerbit Balai Pustaka, Jakarta, 1985..
- [3]. Harjono Sastrohamidjojo, "Kimia Minyak Atsiri", Gadjahmada University Press, Yogyakarta, 2004.
- [4]. Van Winkle, Mathew, "Destillation". McGraw Hill, Inc. New York, 1967..
- [5]. Sudaryani, Titik, Ir., "Budidaya dan Penyulingan Nilam", Penerbit Swadaya, Jakarta, 1998.
- [6]. Nainggolan, Rona Joharmi, Ir., SU., "Pengaruh cara pemanasan dan lama penyulingan terhadap randemen dan mutu minyak nilam ( Pogostemon Cablin Benth )", Lembaga Penelitian Universitas Sumatera Utara, Medan, 1992.
- [7]. Syamsir A. Muin, Ir., "Pesawat - Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)", Penerbit CV. Rajawali, Jakarta, 1988. Douglas M. Considine, " Energy Hand Book" McGraw - Hill, New York 1995.
- [8]. Changel Yunus A. and Michael A. Boles, "Thermodynamics and Engineering Approach", Third Edition, McGraw - Hill Inc., 1998.
- [9]. Djokosetyardjo, M., J., "Ketel Uap", Cetakan Keempat, Penerbit Paradnya Paramita, Jakarta, 1999.
- [10]. Douglas M. Considine, " Energy Hand Book" McGraw - Hill, New York 1995.
- [11]. Holman, J., P., "Perpindahan Kalor", Edisi Keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.