

PENINGKATAN PRODUKSI MINYAK DENGAN MENGGUNAKAN ISOLATOR DI KETEL SULING

Stefanus Unyanto^{1*}, Arif Setyo Nugroho¹

¹ Teknik Mesin Akademi Teknologi Warga Surakarta
Jl Raya Solo-Baki km 2 Kwarasan Solobaru Sukoharjo

*Email: stefanusunyanto@yahoo.com

Abstrak

Energi panas merupakan energi utama yang diperlukan agar proses penyulingan bisa berlangsung. Dalam penyulingan konvensional, kerugian energi panas ke udara luar tidak diperhatikan. Pendesainan ulang alat penyulingan minyak cengkeh konvensional dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi dari alat tersebut dengan cara mengoptimalkan energi panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Teknologi yang diterapkan untuk pendesainan ulang adalah pemberian isolasi pada ketel suling, dan pembuatan alat pemisah minyak dengan konstruksi yang lebih baik. Sebagai bahan isolasi adalah glasswool setebal 0,02 m dengan harga konduktifitas panas sebesar 0,076 W/m.K. Dengan pengisolasian ketel suling, didapatkan gradien temperatur yang rendah pada tiap ketinggian ketel suling. Fase uap di dalam ketel lebih terjamin. Rendemen minyak bisa meningkat sebesar 4,2 %. Dengan pemakaian alat pemisah minyak yang baik, minyak cengkeh yang dihasilkan bisa lebih terjamin kebersihannya. Rendemen minyak meningkat sebesar 12,5 %..

Kata kunci: penyulingan, isolasi, rendemen, gradien temperatur

1. PENDAHULUAN

Panas juga dibutuhkan untuk menjaga suhu didalam ketel agar uap yang terbentuk tetap dalam fase uap sampai masuk ke pendingin, sehingga kondensasi tidak terjadi di dalam ketel suling. Jika kondensasi terjadi di dalam ketel, akan timbul air kondensat yang akan membasahi daun cengkeh. Jika daun cengkeh basah, minyak yang terkandung pada daun cengkeh akan sulit teruapkan oleh uap air. Hal ini akan menyebabkan menurunnya efisiensi minyak yang bisa dihasilkan oleh sejumlah daun cengkeh yang disuling.

Untuk menjamin uap yang terbentuk di dalam ketel tetap berada pada fase uap kering, perlu diadakan perbaikan atau penambahan komponen pada alat penyulingan. Bila fase uap dalam ketel suling tetap berada pada fase uap, maka penguapan minyak cengkeh dapat terjadi pada keseluruhan daun di dalam ketel suling. Bila minyak yang ikut teruapkan oleh uap air lebih banyak, maka efisiensi minyak yang dihasilkan dapat lebih banyak pula.

Suatu penyulingan minyak cengkeh dikatakan menghasilkan efisiensi minyak yang baik bila minyak cengkeh hasil penyulingan memiliki kadar eugenol yang tinggi. Penyulingan dengan uap kering dapat menghasilkan minyak kuat yang kaya akan eugenol. Penyulingan dengan uap kering pada keseluruhan ketel dapat terjadi bila ketel diisolasi dengan baik. [Sastroharnidjojo hardjono, 2005]. Minyak atsiri diperoleh dengan cara penyulingan, hasil dari penyulingan cengkeh berupa minyak atsiri yang memiliki 2 kompoenen utama yaitu eugenol (80%-90%) dan karifiolen (10%-20%). Setiap jenis cengkeh memiliki kadar eugenol yang berbeda beda (Lilik, 2013)

Ketel suling sederhana yang terdiri dari pemanas, ketel suling, dan pendingin dapat digunakan untuk melakukan proses penyulingan, proses penyulingan dapat lebih efektif bila menggunakan alat pemisah minyak yang didesain untuk bisa memisahkan minyak dari air, dapat menghasilkan minyak dengan kualitas baik. (Ghozali, M., 2002).

Dalam suatu penyulingan minyak atsiri, ketel suling harus diisolasi dengan baik. Hal ini dilakukan agar uap tidak terkondensasi di dalam ketel dan supaya daun tidak menggumpal, karena bisa berakibat minyak di dalam daun sukar diuapkan sehingga efisiensi minyak menurun [Guenther, E. 1987].

Perpindahan Panas dalam Dapur Pemanas

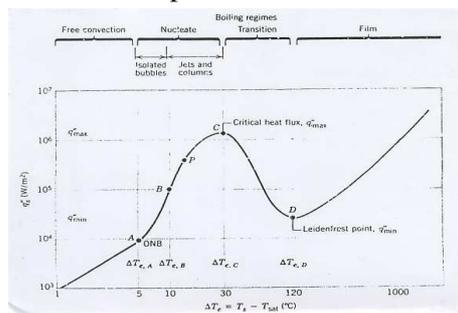
Sebagai sumber panas dalam dapur adalah nyala api dimana besarnya panas yang dihasilkan dalam pembakaran bahan bakar dinyatakan dengan [Muin, S.A., 1988]:

$$Q_f = W_f \cdot (LHV) \cdot \eta_f \tag{1}$$

dimana: W_f = Pemakaian bahan bakar, (kg/h).
 LHV = Nilai bakar terendah, (kcal/kg).
 η_f = Efisiensi dapur, 0,90

Perpindahan Panas pada Ketel Suling

Bidang pemanas (*heating surface*) primer pada ketel adalah bidang yang langsung kontak dengan air ketel, sedang sisi-sisi lainnya langsung berhubungan (kontak) dengan sumber panas. Bila bidang pemanas yang bersentuhan dengan zat cair dipelihara pada suhu yang lebih tinggi dari suhu jenuh zat cair, akan terjadi pendidihan. Fluks kalor yang yang berlangsung bergantung pada perbedaan antara suhu permukaan dan suhu jenuh zat cair. Bila permukaan yang dipanaskan terbenam di bawah permukaan-bebas zat cair, proses itu disebut didih kolam (*pool boiling*).



Gambar 1. Kurva tipe pendidihan untuk air pada tekanan atmosfer

Mekanisme fisik dari *pool boiling* ditunjukkan pada gambar 2. Daerah pendidihan ditentukan dengan besarnya temperatur berlebih (ΔT_e), yang besarnya:

$$\Delta T_e = T_s - T_{sat} \tag{2}$$

Daerah-daerah tersebut adalah:

- a. *Free convection*, jika $\Delta T_e \leq \Delta T_{e,A}$, dimana $\Delta T_{e,A} \approx 5^\circ\text{C}$. Pada daerah ini terdapat arus konveksi bebas yang menyebabkan gerakan fluida di dekat *heating surface*.
- b. *Nucleate boiling*, jika $\Delta T_{e,A} \leq \Delta T_e \leq \Delta T_{e,C}$, dimana $\Delta T_{e,C} \approx 30^\circ\text{C}$. pada daerah ini terbentuk gelembung-gelembung pada *heating surface*.
- c. *Transition boiling*, jika $\Delta T_{e,C} \leq \Delta T_e \leq \Delta T_{e,D}$, dimana $\Delta T_{e,D} \approx 120^\circ\text{C}$. pada daerah ini gelembung terbentuk dengan cepat sehingga menutupi seluruh *heating surface*,
- d. *Film boiling*, jika $\Delta T_e \geq \Delta T_{e,D}$. Pada daerah ini *heating surface* sudah tertutup lapisan uap.

Besar *Critical heat flux* untuk *nucleate pool boiling* adalah:

$$q''_{max} = \frac{\pi}{24} h_{fg} \rho_v \left[\frac{\sigma g (\rho_l - \rho_v)}{\rho_v^2} \right]^{1/4} \left(\frac{\rho_l - \rho_v}{\rho_l} \right)^{1/2} \tag{3}$$

Pada pendidihan fase *film pool boiling* besar bilangan Nusselt adalah :

$$\bar{Nu}_D = \frac{\bar{h}_{conv} D}{k_v} = C \left[\frac{g (\rho_l - \rho_v) h'_{fg} D^3}{\nu_v k_v (T_s - T_{sat})} \right]^{1/4} \tag{4}$$

dimana untuk besarnya C adalah 0,62 untuk silinder horisontal dan 0,67 untuk bola. Pada *heating surface* $\geq 300^\circ\text{C}$, perpindahan panas secara radiasi menjadi sangat signifikan dan perlu diperhitungkan. Besar koefisien perpindahan panas total adalah:

$$\bar{h}^{4/3} = \bar{h}_{conv}^{4/3} + \bar{h}_{rad} \bar{h}^{1/3} \tag{5}$$

jika $\bar{h}_{rad} < \bar{h}_{conv}$ maka digunakan: $\bar{h} = \bar{h}_{conv} + \frac{3}{4} \bar{h}_{rad}$ (6)

dimana besarnya koefisien radiasi \bar{h}_{rad} dinyatakan dengan: $\bar{h}_{rad} = \frac{\epsilon \sigma (T_s^4 - T_{sat}^4)}{T_s - T_{sat}}$ (7)

dimana : ε = Emisivitas dari benda padat
 σ = Konstanta Stevan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)
 Besarnya laju penguapan air selama pendidihan [Incropera. F.D.1996] :

$$\dot{m} = \frac{q_s}{h_{fg}} \tag{8}$$

dimana ; q_s = Laju perpindahan panas, (W). = $q_s'' \times \frac{\pi D^2}{4}$
 h_{fg} = Panas penguapan, (J/kg).

Untuk mengetahui distribusi temperatur untuk tiap ketinggian ketel suling, ketel suling dipandang sebagai sebuah pipa tanpa penutup pada kedua sisinya, dengan fluida panas mengalir didalam pipa. Dengan menganggap temperatur permukaan ketel suling konstan maka berlaku persamaan [Incropera. F.D. 1996]:

$$\frac{T_s - T_m(x)}{T_s - T_{m,i}} = \exp\left(-\frac{Px}{\dot{m}c_p \bar{h}}\right) \tag{9}$$

dimana : T_s = Temperatur permukaan pipa, (K).
 $T_m(x)$ = Temperatur tengah sejarak x, (K).
 $T_{m,i}$ = Temperatur tengah fluida masuk pipa, (K).
 \bar{h} = Koefisien konveksi rata-rata, (W/m²K).
 P = Surface perimeter ($P = \pi D$ untuk *circular tube*), (m).

Dengan menyatakan laju perpindahan panas total konveksi sebagai q_{conv} maka [Incropera. F.D. 1996]:

$$q_{conv} = \dot{m}c_p [(T_s - T_{m,i}) - (T_s - T_{m,o})]$$

$$q_{conv} = \dot{m}c_p (\Delta T_i - \Delta T_o) \tag{10}$$

dimana : A_s = luas permukaan, (m²).
 ΔT_{lm} = log mean temperature difference, (K).
 $\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_o - \Delta T_i}{\ln\left(\frac{\Delta T_o}{\Delta T_i}\right)}$ (11)

Dalam kasus ketel suling, dimana ketel suling bersinggungan dengan udara luar dengan suhu tertentu, ketel suling dapat dianggap sebagai pipa yang bersinggungan dengan udara luar [Incropera. F.D. 1996]:

$$\frac{\Delta T_o}{\Delta T_i} = \frac{T_\infty - T_{m,o}}{T_\infty - T_{m,i}} = \exp\left(-\frac{PL}{\dot{m}c_p \bar{U}}\right) \tag{12}$$

dan $q = \bar{U}A_s \Delta T_{lm}$ (13)

dimana : T_∞ = Suhu udara luar, (K).
 \bar{U} = Koefisien perpindahan panas total (*average overall heat transfer coefficient*), (W/m²K).

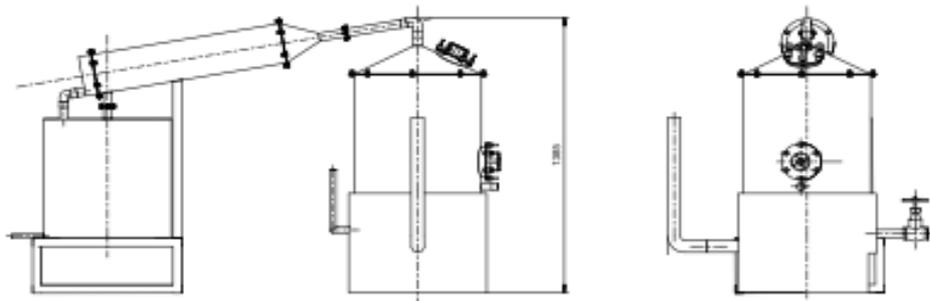
2. METODOLOGI

2.1. BAHAN DAN PERALATAN

Bahan yang dipergunakan untuk konstruksi ketel suling dan variasi pengujian adalah:

- a. bahan untuk disuling adalah daun dan batang cengkeh
- b. Sebagai bahan isolasi adalah glass wool setebal 0,02 m
- c. Alat pemisah minyak cengkeh dari air dibuat dari *stainless stell* dengan ketebalan 0,0005 m.

Alat yang Digunakan

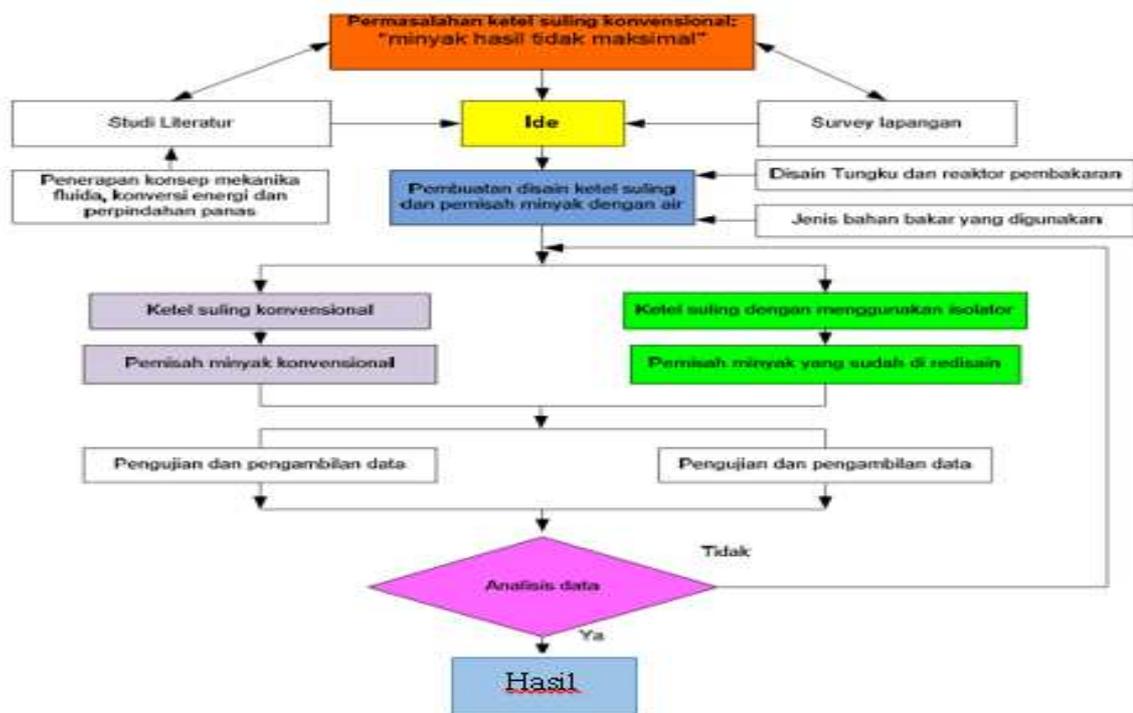


Gambar 2 Penyulingan minyak atsiri

2.2. METODE PENELITIAN

Variasi pengambilan data untuk analisa :

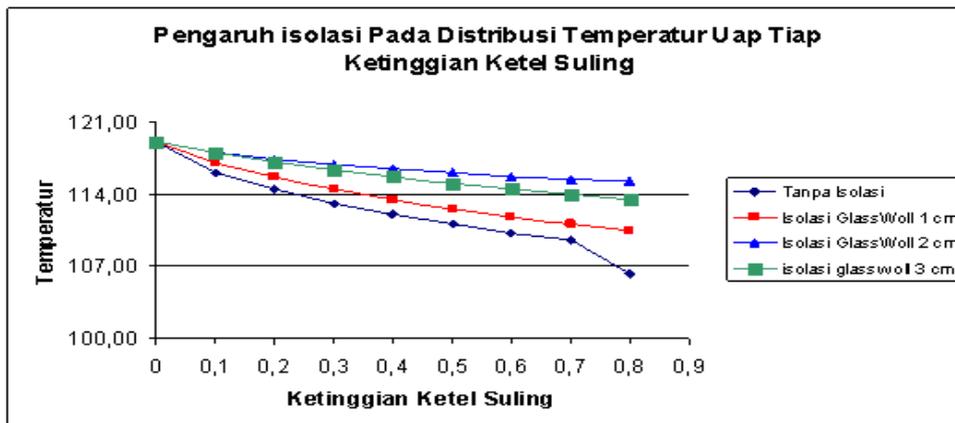
- a. Mengambil data menggunakan alat penyulingan minyak cengkeh konvensional.
- b. Mengambil data menggunakan alat penyulingan minyak cengkeh dimana tungku pemanas, ketel suling diisolasi dengan *glass wool*.
- c. Mengambil data menggunakan alat penyulingan minyak cengkeh dimana ketel suling sudah diisolasi



Gambar 3. Diagram Alir Tahapan

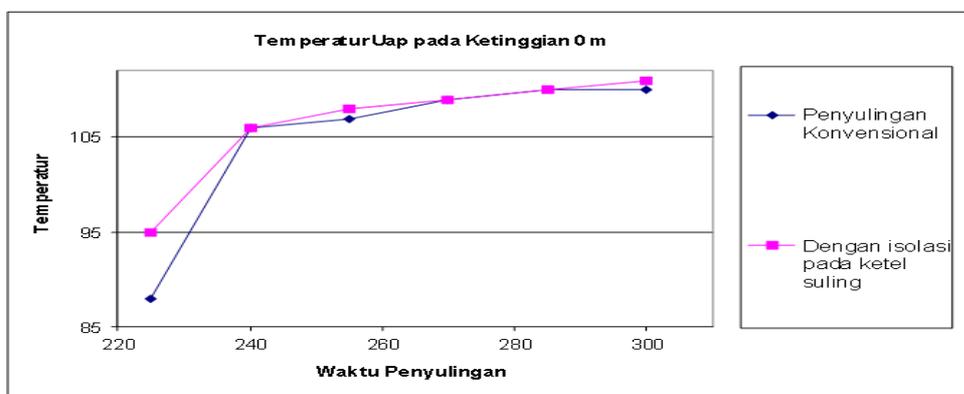
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data pengamatan bisa dibuat trend temperatur pada tiap ketinggian ketel suling. Data yang dibuat trend yaitu pada waktu ke 225 – 300 menit. Data yang lebih lengkap bisa dilihat dibawah ini

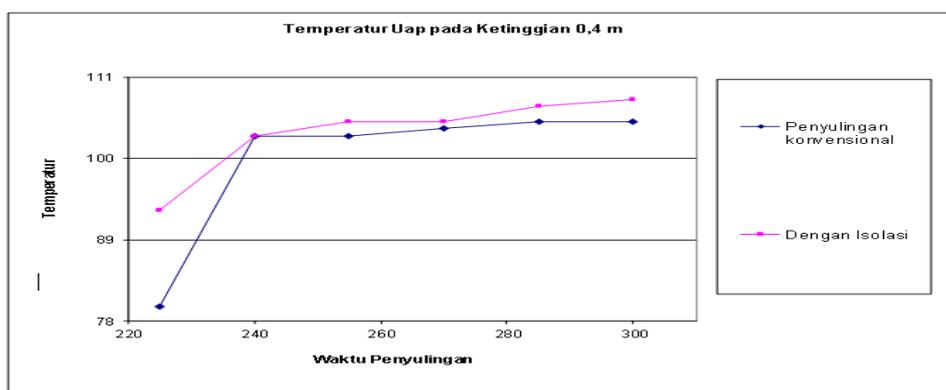


Gambar 4. pengaruh isolasi glashwoll terhadap temperatur uap

Bila hasil perhitungan di atas digambar dalam sebuah grafik pengaruh isolasi pada distribusi temperatur uap tiap ketinggian ketel suling menjadi:



Gambar 5. Temperatur uap pada ketinggian 0 m dari permukaan air untuk dua variasi penyulingan



Gambar 6. Temperatur uap pada ketinggian 0,4 m dari permukaan air untuk tiga variasi penyulingan

Dari grafik gambar 4, 5 dan 6 di atas bisa dilihat bahwa untuk tiap ketinggian ketel suling, temperatur uap pada penyulingan dengan menggunakan isolasi pada ketel suling memiliki nilai temperatur yang lebih tinggi daripada penyulingan konvensional tanpa isolasi. Hal tersebut membuktikan bahwa desain ulang dari ketel suling berhasil. Bisa disimpulkan bahwa penyulingan dengan isolasi pada ketel suling lebih menjamin tidak terjadinya kondensasi di dalam ketel suling.

Tabel 1. Peningkatan rendemen minyak cengkeh pada beberapa kapasitas produksi

No	Kapasitas produksi	Rendemen minyak yang dihasilkan
1	5 kg	1,2 kg
2	6 kg	1,25 kg
3	7 kg	1.35 kg

Dari percobaan dengan tiga variasi didapat rendemen minyak yang meningkat untuk tiap variasi. Jumlah peningkatan rendemen minyak serta prosentase rendemen dibanding bahan baku adalah:

Tabel 2. Perhitungan kenaikan rendemen minyak cengkeh

No	Rendemen minyak	Prosentase rendemen
1	1,2 kg	$(1,2/5) \text{kg} = 0.24 \%$
2	1,25 kg	$(1,25/5) \text{kg} = 0.25 \%$
3	1,3kg	$(1,35/5) \text{kg} = 0.27 \%$

4. KESIMPULAN

Dari pendesainan ulang alat penyulingan minyak cengkeh konvensional di desa Wonokeling, Karanganyar dapat disimpulkan bahwa:

- (1) Isolasi yang paling bagus adalah glasswool dengan ketebalan 0,02 m.
- (2) Dengan adanya isolasi glasswool pada ketel suling, gradien temperatur di dalam ketel suling relative lebih kecil dibanding dengan tanpa isolasi. Artinya, fase uap di dalam ketel suling lebih terjaga.
- (3) Dari pendesainan alat penyulingan dengan isolasi glasswool 0,02 m didapatkan temperatur uap pada puncak ketel suling sebesar 88 oC. Pendesainan menggunakan saturated temperature 117 oC.
- (4) Didapatkan rendemen minyak yang meningkat dalam sekali penyuligan dengan bahan baku 5 kg. Untuk pemberian isolasi glasswool 0,02 m didapatkan peningkatan rendemen 4,17 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Djokosetyardjo, M.J. (1994), *Ketel Uap*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Ghozali Muhammad, (2002), *Alat Penyulingan Minyak Atsiri*, Fak. Teknik UNS, Surakarta.
- Guenther Ernest, (1987), *Minyak Atsiri*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Holman, J.P. (1994), *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta.
- Incropera, F.P. (1996), *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, John Willey and Sons, Canada.
- Lilie Nurhidayat, Sulistyowati, (2013), Penetapan Kadar Eugenol Dalam Minyak atsiri Dari Tiga varietas Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L) Merr & LM Pery) Secara Kromatografi Gas, Seminar Nasional Fakultas Farmasi Universitas Pancasila .
- Muin, S.A.(1988), *Pesawat-pesawat Konversi Energi I – Ketel Uap*, Rajawali Pers, Jakarta.
- Nugroho Widhi, (2002), *Pembuatan Alat Penyulingan Minyak Kayu Putih dengan Metode Water and Steam Distillation*, Fak. Teknik UNS, Surakarta.
- Santoso, H.B. (1991), *Bertanam Nilam Bahan Industri Wewangian*, Kanisius, Yogyakarta
- Santoso, H.B. (1993), *Akar Wangi Bertanam dan Penyulingan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Sastroharnidjojo hardjono,(2005),*Potensi minyak Atsiri Indonesia*,Makalah Workshop Kewirausahaan UGM dan Ikhimki, Yogyakarta