



SURABAYA DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL MIAH  
**UNIT PENELITIAN DAN PENGABDIAN  
 PADA MASYARAKAT**  
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA**



Jln. Raya Prabumulih KM. 32 Inderalaya (306620) Telp. (0711) 580739-580741 Fax (0711) 580062  
 e-mail : ftunsri@plasa.com

Nama : Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.  
 NIP : 19560604 198602 1 001  
 Jenis Kelamin : Laki-laki  
 Fakultas : Teknik  
 Jurusan : Teknik Mesin

**REGISTRASI JURNAL PENELITIAN**

Sesuai dengan data yang ada pada kami, maka tuliskan dengan judul :

- Pengaruh jumlah air dalam ketel terhadap pemakaian bahan bakar pada penyulingan minyak nilam

ISSN : 0852 – 5366

Penulis : Dr. Ir Riman Sipahutar, M.Sc

Telah teregistrasi dengan No.

**NOMOR REGISTRASI**

0	3	0	5	0	9	0	1	0	3	0	1	0	1	0	2	3	9	
Kode Fakultas	Kode PS/Jurusan	Kode Publikasi	Kode Penulis	Tahun Publikasi	Kode Sumber Tulisan	Sumber Dana	Nomor urut Publikasi dan Fakultas											

Inderalaya, 04 Maret 2010

Ketua,  
 Unit PPM FT. UNSRI



*[Signature]*  
 Dr. Ir. Dinar Dwi Anugerah Putranto, M.SPj  
 NIP. 1960 0630 198603 1 004

Prof. Dr. Ir. H.M. Taufik Toha, DEA  
 NIP. 19530814 198503 1 002

Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.  
 NIP. 19560604 198602 1 001

## SURAT PERNYATAAN INTEGRITAS KARYA ILMIAH

(Permendiknas No. 17 tahun 2010, Pasal 7)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.  
NIP : 19560604 198602 1 001  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Fakultas : Teknik  
Jurusan : Teknik Mesin

Kedudukan dalam Karya Ilmiah: Penulis Utama

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Ilmiah saya:

Judul : Pengaruh Jumlah Air dalam Ketel terhadap Pemakaian Bahan Bakar pada Proses Penyulingan Minyak Nilam

No. Registrasi : 

0	3	0	5	0	9	0	1	0	3	0	1	0	1	0	2	3	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Diregister tanggal : 4 Maret 2010

Bentuk : *Publikasi Ilmiah dan diterbitkan pada:  
Jurnal Rekayasa Sriwijaya, No. 1, Vol. 8, Maret 2003, ISSN 0852-5366, halaman 1-9.*

1. Adalah Karya Ilmiah yang belum pernah dimintakan angka kreditnya pada kegiatan sebelumnya.
2. Adalah Karya Ilmiah yang BEBAS PLAGIAT/AUTO PLAGIAT dalam berbagai bentuk termasuk data, fakta, informasi, serta rujukan literatur.
3. Apabila ditemukan bahwa Karya Ilmiah saya ini adalah merupakan karya PLAGIAT/AUTO PLAGIAT, saya bersedia diperiksa KOMISI ETIKA AKADEMIK dan menerima sanksi sesuai dengan PERMENDIKNAS NO. 17 Tahun 2010 dan/atau dan Plagiat/Auto Plagiat, termasuk pencabutan/pembatalan jabatan fungsionalnya (pendidik).

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik Unsri



Prof. Dr. Ir. H.M. Taufik Toha, DEA  
NIP. 19530814 198503 1 002

Inderalaya, 23 Maret 2011  
Yang Menyatakan

Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.  
NIP. 19560604 198602 1 001

# **JURNAL REKAYASA SRIWIJAYA**

---

---

## **Penanggung Jawab**

H. Hasan Basri

## **Pemimpin Umum**

M. Faizal

## **Pemimpin Redaksi**

Edy Sutriyono

## **Wakil Pemimpin Redaksi**

Riman Sipahutar

## **Sekretaris**

Rudyanto Thayeb

## **Dewan Penyunting**

Machmud Hasjim, Hasan Basri, Kaprawi, Gunawan Tanzil,  
Dinar D.A. Putranto, Hendra Marta Yudha, Sariman,  
Tri Kurnia Dewi, Syamsul Komar, Ari Siswanto, Setyo Nugroho

## **Tata Usaha**

**Zazili**

## **Alamat Redaksi**

Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jalan Raya Palembang – Prabumulih KM-32  
Inderalaya, Ogan Ilir-30662. Telp. 0711-580739

---

---

Terbit secara kwartal pada bulan Maret, Juli dan Nopember

# PENGARUH JUMLAH AIR DALAM KETEL TERHADAP PEMAKAIAN BAHAN BAKAR PADA PROSES PENYULINGAN MINYAK NILAM

Riman Sipahutar

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri  
Jalan Raya Prabumulih Km-32, Inderalaya, OKI, 30662

## Abstrak

Suatu peralatan penyulingan yang baik dan efisien telah diteliti untuk mendukung usaha pemerintah saat ini yaitu untuk meningkatkan ekspor non migas yang salah satunya dilakukan melalui produk minyak nilam. Peralatan penyulingan yang digunakan adalah dengan menerapkan metode penyulingan dengan uap serta menggunakan bahan bakar briket tipe telur kualitas tinggi (briket super). Jumlah air yang ada dalam drum uap divariasikan dari 150 liter hingga 250 liter untuk mengetahui pengaruh jumlah air terhadap pemakaian bahan bakar dalam proses penyulingan minyak nilam sehingga dapat diperoleh jumlah air yang optimal dalam hal pemanfaatan bahan bakar briket.

**Keywords:** briket batu bara, minyak nilam, ketel suling, boiler

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu kebijakan pemerintah propinsi Sumatera Selatan dalam menghadapi era pasar bebas adalah penajaman usaha ekspor unggulan non migas di bidang perkebunan. Untuk mewujudkannya model pengelolaannya haruslah berorientasi pada integrasi produk perkebunan sebagai penyedia bahan baku (hulu) untuk mendapatkan produk hilir yang siap untuk dipasarkan sehingga diperoleh devisa daerah yang optimum. Salah satu implementasi kebijakan tersebut adalah usaha perkebunan nilam (produk hulu) yang berintegrasi dengan proses produksi minyak nilam (produk hilir). Produk nilam ini adalah salah satu produk unggulan ekspor non migas yang sangat kompetitif.

Untuk memproduksi minyak nilam dari daun dan dahan nilam diperlukan unit proses produksi ekstraksi atau sering disebut proses penyulingan. Pada proses penyulingan dengan uap, energi kalor hasil pembakaran bahan bakar dimanfaatkan untuk pembentukan uap dari air yang mana uap tersebut akan digunakan untuk mengekstraksi minyak nilam dari batang dan dahan nilam. Banyaknya energi kalor yang dibutuhkan pada proses penguapan tersebut sangat bergantung kepada jumlah air yang terdapat di dalam boiler dan kebutuhan uap yang diperlukan untuk suatu siklus penyulingan minyak dari daun dan dahan nilam. Agar penggunaan bahan bakar dapat seekonomis mungkin maka perlu dilakukan penelitian yang seksama mengenai jumlah air minimum dalam suatu boiler, yang diperlukan untuk suatu proses penyulingan dengan uap.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Ketel Uap (Boiler)

Ketel uap adalah suatu bejana tertutup dimana uap atau gas-gas lainnya diproduksi dengan pemanfaatan secara langsung kalor yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar padat, cair atau gas ataupun dengan penggunaan kalor energi listrik atau tenaga nuklir.

Uap yang dihasilkan dari penguapan air tersebut disebut uap air. Uap air ini merupakan suatu fluida kerja yang baik karena memiliki sifat-sifat:

- Dapat menyimpan sejumlah energi.
- Mudah memproduksinya dalam jumlah besar.
- Bahan bakunya (air) harganya murah dan mudah diperoleh.

### 2.2 Pembentukan Uap

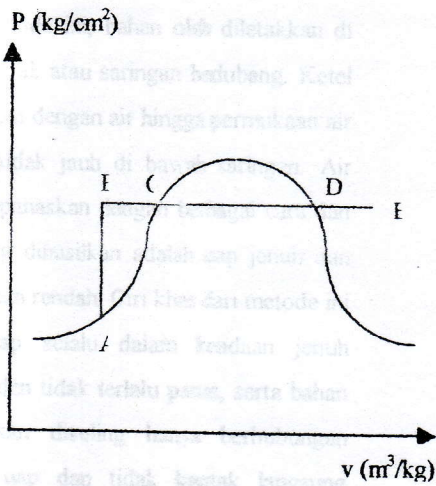
Proses pembentukan uap secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut: misalkan di atas sekeping logam terdapat beberapa tetes air dengan temperature,  $T_0$  Kelvin. Jika diperhatikan, air tersebut bergerak bebas dalam lingkungannya (air) dengan kecepatan gerak,  $V_0$ , m/s. Molekul-molekul air tersebut dalam gerakannya tidak akan meninggalkan lingkungannya karena adanya gaya tarik menarik antara molekul-molekul air itu sendiri.

Apabila di bawah kepingan logam tersebut dipasang api (dari sebatang lilin atau sebatang korek api) sedemikian rupa sehingga api tersebut memanasi kepingan logam yang di atasnya tetesan air, maka temperature air tersebut akan meningkat dari  $T_0$  menjadi  $T_1$

Kelvin. Dan ternyata kecepatan gerak molekul-molekul air juga bertambah besar dari  $V_0$  menjadi  $V_1$ , m/s, namun belum mampu melepaskan diri dari lingkungannya. Apabila kemudian api ditambah besarnya hingga temperature mencapai temperature didih,  $T_d$ , Kelvin sedangkan kecepatan geraknya mencapai  $V_d$ , m/s, dimana molekul-molekul air tersebut telah mampu melepaskan diri dari lingkungannya dan berubah menjadi molekul-molekul uap yang kecepatan geraknya melebihi kecepatan gerak molekul-molekul air semula. Proses yang demikian disebut proses penguapan. Molekul-molekul air yang berubah menjadi molekul-molekul uap tersebut disebut juga air yang sedang mendidih sehingga permukaan air menjadi bergolak. Temperature air pada saat itu mencapai temperature didih, yaitu  $T_d$ , Kelvin. Dan bila saja api ditambah besarnya, ternyata temperature didih tersebut tidak berubah selama tekanan yang ada di atasnya dipertahankan konstan.

### 2.3 Proses Pembentukan Uap Basah & Kering

Proses terjadinya perubahan fasa dari air (fasa cair) menjadi uap basah & kering (fasa gas) pada suatu boiler dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Kurva perubahan fasa dari air menjadi uap kering pada suatu boiler

Keterangan Gambar 1:

Titik A : Air masuk ke dalam suatu pompa pada tekanan  $P_a$  dan temperatur  $T_a$ .

Titik B : Air keluar dari pompa memasuki ekonomiser dimana tekanannya,  $P_b$ , lebih besar dari  $P_a$  dan minimal sama dengan tekanan dalam drum ketel. Temperatur pada titik B,  $T_b$ , biasanya sedikit lebih tinggi dari temperatur masuk pompa,  $T_a$ .

Titik C : Air keluar ekonomiser dan memasuki pipa-pipa penguap dimana temperaturnya,  $T_c$ , sama dengan temperatur air mendidih pada tekanan  $P_c$  atau sama dengan tekanan saat keluar pompa,  $P_b$ . Antara titik C hingga titik D terjadi perubahan fasa dari cairan menjadi gas, dan terdapat campuran air dan uap air, dimana pada titik D

semuanya sudah berubah menjadi uap basah atau uap jenuh.

Titik D : Uap jenuh pada temperatur,  $T_d$  yang sama dengan  $T_c$  dan tekanan,  $P_d$  yang sama dengan  $P_c$ . Uap jenuh ini selanjutnya akan memasuki superheater untuk mendapatkan uap kering atau uap dipanaskan lanjut (superheated steam).

Titik E : Uap keluar superheater yang merupakan uap kering pada temperature,  $T_e$  dimana  $T_e > T_d$  dan pada tekanan  $P_e = P_d$ .

#### 2.4 Proses Penyulingan

Dalam industri minyak nilam dikenal 3 macam metode penyulingan, yaitu:

##### a. Penyulingan dengan air

Pada metode ini, bahan yang akan disuling kontak langsung dengan air mendidih. Bahan yang akan disuling terapung di atas air atau terendam secara sempurna bergantung kepada berat jenis dan jumlah bahan yang akan disuling. Air dipanaskan dengan metode pemanasan yang biasa. Ketel sulung langsung dihubungkan dengan kondensor. Ciri khas dari metode ini adalah bahan yang akan disuling kontak langsung dengan air mendidih. Metode ini sangat sesuai untuk instalasi berskala kecil, terutama untuk unit-unit yang perlu dipindah-pindahkan. Keunggulan lain dari metode ini yaitu peralatan yang digunakan cukup sederhana dan proses penguapannya lebih cepat sehingga waktu penyulingannya lebih cepat.

#### b. Penyulingan dengan air dan uap

Pada metode ini, bahan olah diletakkan di atas rak-rak atau saringan berlubang. Ketel suling diisi dengan air hingga permukaan air berada tidak jauh di bawah saringan. Air dapat dipanaskan dengan berbagai cara dan uap yang dihasilkan adalah uap jenuh dan bertekanan rendah. Ciri khas dari metode ini yaitu uap selalu dalam keadaan jenuh (basah) dan tidak terlalu panas, serta bahan yang akan disuling hanya berhubungan dengan uap dan tidak kontak langsung dengan air mendidih.

Pada penyulingan air dan uap, besarnya suhu ditentukan oleh tekanan operasi yang digunakan. Masalah yang timbul dengan metode ini adalah karena pada awal penyulingan bahan yang akan disuling masih dalam keadaan dingin sehingga uap yang mula-mula terbentuk akan mengembun dan membasahi bahan tersebut. Pembasahan ini akan berlangsung secara terus-menerus sampai suhu seluruh bahan sama dengan titik didih air pada tekanan tertentu. Pada bahan berupa daun, biji, kulit atau akar, pembasahan yang berlebihan akan mengakibatkan gumpalan sehingga rendemen minyak yang dihasilkan lebih rendah. Kelemahan lain dari metode ini adalah jumlah uap yang dibutuhkan cukup besar dan waktu penyulingannya lebih lama. Dalam proses ini, sejumlah besar uap akan mengembun dalam tumpukan bahan sehingga bahan bertambah basah dan menghasilkan minyak dalam waktu yang lama.

#### c. Penyulingan dengan uap

Penyulingan dengan uap pada prinsipnya sama dengan kedua metode sebelumnya, kecuali air tidak diisikan ke dalam ketel suling. Uap yang digunakan adalah uap jenuh atau uap kering pada tekanan lebih besar dari 1 atm. Uap dialirkan melalui pipa dari drum boiler ke bagian bawah dari ketel suling dan dalam ketel suling uap bergerak ke atas melalui bahan yang akan disuling yang terletak di atas saringan. Pada penyulingan minyak nilam dengan menggunakan uap kering, bahan olahan yang kering akan selalu dalam keadaan kering.

Metode penyulingan dengan uap ini sangat cocok untuk instalasi yang lebih besar. Untuk produsen kecil, metode ini tidak dianjurkan karena membutuhkan peralatan yang khusus dan tidak praktis.

#### 2.5 Bahan Bakar Briket Batubara

Briket batubara adalah merupakan suatu produk lanjutan dari pemanfaatan batu bara menjadi bahan bakar padat yang sangat praktis digunakan untuk keperluan industri kecil dan rumah tangga sebagai sumber energi alternatif. Nilai kalor suatu briket batu bara dapat dicari secara teoritis jika diketahui komposisi kimia dari briket tersebut. Briket batu bara yang digunakan pada penelitian ini adalah briket tipe telur kualitas tinggi (briket super) yang merupakan produksi pabrik briket batubara Tanjung Enim II (PTBA-NEDO) dengan karakteristik tidak berasap, tidak berbau, lebih mudah menyala dan mempunyai temperatur

pembakaran yang tinggi serta relatif bersih. Komposisi kimia dari briket super tipe telur dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Komposisi kimia briket super tipe telur.

Unsur	Persentase Berat (%)
Karbon (C)	64,0
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	4,9
Oksigen (O <sub>2</sub> )	11,1
Nitrogen (N)	1,0
Sulfur (S)	0,49
Kadar Air (H <sub>2</sub> O)	4,9

Nilai pembakaran atau nilai kalor adalah jumlah energi kalor yang dihasilkan pada saat terjadinya oksidasi secara sempurna unsur-unsur kimia pembakaran bahan bakar.

Nilai kalor atas suatu bahan bakar dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$HHV = 14544 C + 62028 [H_2 - (O_2/8)] + 4050 S$$

dimana:

- HHV = nilai pembakaran atas, Btu/lb
- C = fraksi massa karbon
- H<sub>2</sub> = fraksi massa hydrogen
- O<sub>2</sub> = fraksi massa oksigen
- S = fraksi massa sulfur

Uap air (water vapor) adalah suatu produk pembakaran untuk semua bahan bakar yang mengandung hydrogen. Kandungan kalor dari suatu bahan bakar bergantung kepada apakah uap air tersebut tetap dalam keadaan gas atau dikondensasikan menjadi cairan. Dalam bomb calorimeter, produk / hasil pembakaran didinginkan hingga temperatur awal dan semua

uap air yang terbentuk selama pembakaran dikondensasikan menjadi cairan. Jadi nilai kalor yang didapat dari alat tersebut adalah nilai kalor atas, dan kalor penguapan air sudah termasuk dalam nilai kalor tersebut. Untuk mendapatkan nilai kalor bawah digunakan persamaan berikut:

$$LHV = HHV - 10,30 (8,94 H_2)$$

dimana:

- LHV = nilai pembakaran bawah, Btu/lb
- HHV = nilai pembakaran atas, Btu/lb
- H<sub>2</sub> = persentase massa hydrogen, %

### 3. DISKRIPSI ALAT DAN PROSEDUR PENELITIAN

#### 3.1 Diskripsi Alat

Instalasi penyulingan minyak nilam yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

##### 3.1.1 Tungku Briket dan Drum Uap

Tungku yang dipakai terdiri dari dua bagian yaitu ruang bakar dan rangka tungku. Ruang bakar terbuat dari pelat baja dengan tebal 2, dengan panjang 85 cm, lebar 60 cm dan tinggi 30 cm. Rangka tungku terbuat dari baja karbon rendah profil L dengan ukuran 1,5 x 1,5 x 0,25 in. Drum uap yang digunakan sebanyak dua buah yang dihubungkan satu sama lain dan mempunyai diameter dalam 600 mm, diameter luar 604 mm serta panjang 850 mm. Jumlah air dalam kedua drum tersebut divariasikan sebanyak 150, 170, 190, 210, 230 dan 250 ltr.

##### 3.1.2 Ketel Suling

Ketel suling ini dibuat sedemikian rupa yang mempunyai dua buah lubang untuk pe-



masuk dan pengeluaran daun dan dahan suling. Diameter luar ketel suling 700 mm, tinggi 1000 mm serta dan tebal 3 mm serta bahannya terbuat dari stainless steel. Pada bagian bawah dan atas dibuat saringan agar daun/dahan nilam tidak terikut ke luar atau turun ke bawah.

### 3.1.3 Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan uap dari ketel suling untuk mendapatkan minyak nilam. Dalam kondensor, uap mengalir melalui koil stainless steel untuk mendapatkan kualitas minyak nilam yang lebih baik. Data-data dari koil yang digunakan adalah:

- Diameter koil bagian dalam 9 mm
- Diameter koil bagian luar 13 mm
- Panjang koil 5800 mm

Koil tersebut dimasukkan dalam suatu drum berisi air dengan ukuran:

- Diameter dalam 600 mm
- Diameter luar 604 mm
- Tinggi 850 mm

### 3.1.4 Botol Pemisah Minyak Nilam

Botol ini gunanya untuk memisahkan minyak nilam dari kondensat yang dihasilkan oleh kondensor. Alat ini dilengkapi dengan katup untuk pengeluaran air dan minyak nilam.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Yang Diperoleh

- Tekanan uap dalam boiler: 1,86 bar.
- Tekanan uap keluar ketel suling 1,01325 bar

- Jumlah uap keluar ketel suling = 14,15 kg/siklus
- Jumlah uap terbentuk = 24,5 kg/siklus
- Temperatur air awal = 25 °C
- Variasi jumlah air dalam boiler adalah: 150, 170, 190, 210, 230, dan 250 liter.

### 4.2 Kalar Pembentukan Uap

Dari Tabel Uap Saturasi pada tekanan,  $p = 1,85 \text{ bar} = 0,185 \text{ MPa}$  diperoleh:

- Temperatur saturasi,  $T_{\text{sat}} = 117,79 \text{ }^\circ\text{C}$
- Entalpi uap saturasi,  $h_g = 2703,1 \text{ kJ/kg}$
- Kalor laten penguapan,  $h_{fg} = 2208,8 \text{ kJ/kg}$

Jumlah kalar yang dibutuhkan untuk menguapkan air dari 25 °C menjadi uap jenuh pada tekanan 0,185 MPa adalah:

$$Q_{\text{uap}} = m_a \times C_p \times (T_s - T_{\text{air}}) + (m_u \times h_{fg})$$

$$m_a = \text{massa air dalam boiler (kg)} = 150 \text{ kg}$$

$$C_p = \text{panas jenis air pada tekanan konstan} = 4,191 \text{ kJ/kg K (pada } T = 344,395 \text{ K)}$$

$$T_s = \text{temperatur saturasi air (}^\circ\text{C)} = 117,79 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$T_a = \text{temperatur awal air (}^\circ\text{C)} = 25 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$h_{fg} = \text{kalar laten penguapan} = 2208,8 \text{ kJ/kg}$$

$$m_u = \text{massa uap terbentuk (kg)} = 24,5 \text{ (kg)}$$

$$Q_{\text{uap}} = 150 \times 4,191 \times (117,79 - 25) + 24,5 \times (2208,8) = 112448,0 \text{ (kJ)}$$

Dengan cara yang sama dapat dicari kalar pembentukan uap ( $Q_{\text{uap}}$ ) untuk variasi jumlah air lainnya dalam boiler, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Kalor pembentukan uap untuk berbagai jumlah air dalam drum.

No.	Jumlah air dalam boiler, $m_a$ (liter)	Kalor pembentukan uap, $Q_{uap}$ (kJ)
1.	150	112448,0
2.	170	120225,7
3.	190	128003,3
4.	210	135781,0
5.	230	143558,7
6.	250	151336,3

#### 4.3 Kalor melalui Drum Air/Uap

Kalor yang merambat melalui dinding luar ke dalam drum yang berisi air adalah merupakan kalor yang akan digunakan untuk pembentukan uap. Perpindahan kalor yang terjadi adalah merupakan perpindahan kalor secara konveksi dan konduksi, yang besarnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_1 = \frac{A(T_g - T_a)}{\frac{1}{h_g} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_a}}$$

dimana:

$Q_1$  = kalor yang merambat dari ruang bakar ke dalam drum air/uap (W)

$A$  = luas permukaan drum yang menerima panas dari sumber kalor ( $m^2$ )

$$= 2 \times (\pi \times D \times L) / 2$$

$$= \pi \times D \times L$$

$D$  = diameter drum air/uap (m) = 0,60 (m)

$L$  = panjang drum (m) = 0,85 (m)

$A = \pi \times 0,60 \text{ (m)} \times 0,85 \text{ (m)}$

$$= 1,6014 \text{ (m}^2\text{)}$$

$T_g$  = temperatur gas hasil pembakaran ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$= 1050 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

$T_a$  = temperatur air awal dalam drum ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$= 25 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

$h_g$  = koefisien perpindahan kalor konveksi pada sisi gas asap ( $\text{W/m}^2 \text{ C}$ )

$$= 28,391 \text{ (W/m}^2 \text{ C)}$$

$h_a$  = koefisien perpindahan kalor konveksi pada sisi air ( $\text{W/m}^2 \text{ C}$ )

$$= 65,31 \text{ (W/m}^2 \text{ C)}$$

$x$  = tebal dinding drum = 0,002 (m)

$k$  = konduktivitas termal bahan drum

$$= 16,30 \text{ (W/m C)}$$

$$Q_1 = \frac{1,6014(1050 - 25)}{\frac{1}{28,391} + \frac{0,002}{16,30} + \frac{1}{65,31}} \text{ (W)}$$

$$= 32403,1 \text{ (W)}$$

#### 4.4 Waktu untuk Pembentukan Uap

Perhitungan waktu ini berdasarkan jumlah kalor yang merambat melalui drum dan jumlah kalor yang dibutuhkan untuk pembentukan uap yang dibutuhkan dalam satu siklus, yaitu berdasarkan persamaan:

$$t_{(150 \text{ l})} = \frac{Q_{uap}}{Q_1} \text{ (jam)}$$

dimana:

$Q_{uap}$  = kalor pembentukan uap untuk jumlah air dalam drum 150 liter

$$= 112448,0 \text{ (kJ)}$$

$Q_1$  = kalor melalui drum air/uap (W)

$$= 32403,1 \text{ (W)}$$

$$= 32,4031 \text{ (kJ/s)}$$

$$t_{(150 \text{ l})} = \frac{112448,0}{32,4031 \times 3600} \text{ (jam)} = 0,964 \text{ (jam)}$$

Untuk variasi jumlah air lainnya, waktu pembentukan uap, (t) dicari dengan cara yang

sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Waktu pembentukan uap untuk berbagai jumlah air dalam drum

No.	Jumlah air dalam boiler, m <sub>3</sub> (liter)	Waktu pembentukan uap, t (jam)
1.	150	0,964
2.	170	1,031
3.	190	1,097
4.	210	1,164
5.	230	1,231
6.	250	1,297

#### 4.5 Jumlah Bahan Bakar untuk Variasi Jumlah Air dalam Drum

Nilai kalor atas dari bahan bakar briket jenis telur kualitas super dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{HHV} = 14544 C + 62028 [\text{H}_2 - (\text{O}_2/8)] + 4050 S$$

dimana:

HHV = nilai pembakaran atas, Btu/lb

C, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan S adalah masing-masing fraksi massa karbon, hydrogen, oksigen dan sulfur yang datanya dapat dilihat pada Tabel 1.

$$\begin{aligned} \text{HHV} &= 14544 (0,64) + 62028 [0,049 - (0,111/8)] \\ &\quad + 4050 (0,0049) \text{ Btu/lb} \\ &= 11506,7 \text{ (Btu/lb)} \end{aligned}$$

Sedangkan nilai kalor bawahnya dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 10,30 (8,94 \text{ H}_2)$$

dimana:

LHV = nilai pembakaran bawah, Btu/lb

HHV = nilai pembakaran atas, Btu/lb

H<sub>2</sub> = persentase massa hydrogen, %

$$\begin{aligned} \text{LHV} &= 11506,7 - 10,30 (8,94 \times 4,9) \text{ Btu/lb} \\ &= 11055,5 \text{ (Btu/lb)} \\ &= 11055,5 \text{ (Btu/lb)} \times 2,326 \frac{\text{kJ/kg}}{\text{Btu/lb}} \\ &= \underline{25715,1 \text{ (kJ/kg)}} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di depan diperoleh jumlah kalor melalui drum air/uap adalah Q<sub>uap</sub> 41823,7 (W) dan dengan asumsi efisiensi tungku η<sub>t</sub> sebesar 35 % maka jumlah kalor pembakaran bahan bakar, Q<sub>p</sub> adalah:

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{Q_1}{\eta_t} = \frac{32,4031}{0,35} = \underline{92,5803 \text{ (kW)}} \\ &= 92,5803 \times 3600 \text{ (kJ/jam)} \\ &= 333289,1 \text{ (kJ/jam)} \end{aligned}$$

Untuk jumlah air sebesar 150 liter, waktu pembentukan uapnya adalah t<sub>(150 l)</sub> = 0,964 jam, sehingga jumlah kalor yang terbentuk adalah:

$$\begin{aligned} Q_{\text{tot}(150 l)} &= Q_p \times t_{(150 l)} \\ &= 333289,1 \text{ (kJ/jam)} \times 0,964 \text{ jam} \\ &= 321290,7 \text{ (kJ)} \end{aligned}$$

Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk satu siklus dengan jumlah air dalam drum sebesar 150 liter adalah:

$$\begin{aligned} \text{mbb}_{(150 l)} &= Q_{\text{tot}(150 l)} / \text{LHV} \\ &= 321290,7 \text{ (kJ)} / 25715,1 \text{ (kJ/kg)} \\ &= \underline{12,494 \text{ (kg)}} \end{aligned}$$

Untuk variasi jumlah air lainnya, massa bahan bakar, (mbb) dicari dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Jumlah bahan bakar untuk variasi  $m_a$

Jumlah air dalam boiler, $m_a$ (liter)	$Q_{tot}$ (kJ)	mbb (kg)
150	321290,7	12,494
170	343621,1	13,363
190	365618,1	14,218
210	387948,5	15,086
230	410278,9	15,955
250	432276,0	16,810

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

5.1.1 Peningkatan jumlah air dalam drum air dari 150 liter hingga 250 liter mengakibatkan peningkatan kebutuhan bahan bakar briket batu bara dari 12,494 kg menjadi 16,810 kg, untuk satu siklus penyulingan minyak nilam.

5.1.2 Peningkatan jumlah air dalam drum air dari 150 liter menjadi 250 liter mengakibatkan peningkatan jumlah kalor untuk pembentukan uap dari 112448,0 kJ menjadi 151336,3 kJ, untuk satu siklus penyulingan minyak nilam.

5.1.3 Peningkatan jumlah air dalam drum air dari 150 liter menjadi 250 liter mengakibatkan peningkatan waktu pembentukan uap dari 0,964 jam menjadi 1,297 jam, untuk satu siklus penyulingan minyak nilam.

### 5.2 Saran

5.2.1 Dalam merancang suatu boiler, diperlukan menghitung jumlah air minimum yang dibutuhkan agar pemakaian bahan bakar dapat dihemat seminimal mungkin.

5.2.1 Perancangan tungku pembakaran bahan bakar juga sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi pemakaian bahan bakar

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Holman, J.P., 1976, "Heat Transfer", fourth edition, McGraw-Hill Kogakusha, LTD, Tokyo.
- [2.] El-Wakil, M.M., 1984, "Powerplant Technology", International Edition, McGraw-Hill Book, Singapore.
- [3.] Babcock & Wilcox., 1992, "Steam, its generation and use", 40<sup>th</sup> edition, The Babcock and Wilcox Company, Barberton.
- [4.] NAG, P.K., 2002, "Power Plant Engineering", Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- [5.] Reed, R.J., 1986, "North American Combustion Handbook", 3<sup>rd</sup> edition, North American Mfg. Co., Cleveland.