

## RANCANG BANGUN *BOILER VERTIKAL FIRE TUBE* BERBAHAN GAS ELPIJI UNTUK PROSES PENYULINGAN MINYAK NILAM

RizkyAgustira<sup>1</sup>, Muhammad Razi<sup>2</sup>, Syukran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Prodi D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh –Medan Km.280 Buket Rata

Email: rizkyagustira14@gmail.com

### Abstrak

*Boiler atau ketel uap adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan steam. Steam diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar. Boiler mengubah energi-energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja. Boiler dirancang untuk melakukan atau memindahkan kalor dari suatu sumber pembakaran, yang biasanya berupa pembakaran bahan bakar. Kebanyakan Boiler yang digunakan petani nilam Boiler yang menggunakan bahan bakar kayu, dalam pengembangan ini Boiler di desain dengan menjadi Boiler Vertikal Fire Tube dan berbahan bakar gas.*

**Kata Kunci :** *Boiler, steam, bahan bakar*

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. LatarBelakang

Minyak nilam merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang banyak diproduksi di Indonesia dan juga merupakan komoditas ekspor, khususnya Provinsi Aceh.

Nilam Aceh karna tidak berbunga memiliki kadar minyak yang tinggi (2,5-5%). Minyak nilam umumnya diproduksi dengan 3 metode, yaitu metode penyulingan, ekstraksi, dan pengempaan. Metode penyulingan juga dapat dilakukan dengan media air, uap atau campuran air-uap. Untuk kondisi petani di Indonesia metode penyulingan uap merupakan yang paling banyak digunakan oleh petani saat ini. Hal ini dikarenakan teknologinya sederhana dan murah.

Masalah yang dihadapi dalam pengembangan minyak nilam di Indonesia adalah rendahnya rendemen. Oleh karena itu dibutuhkan proses penyulingan yang optimal agar mendapatkan hasil yang optimal.

Belum maksimalnya rendemen yang dihasilkan dibanding nilai rendemen teoritis merupakan masalah yang perlu dicari solusinya. Dari beberapa konstruksi peralatan proses penyulingan yang ditemukan di lapangan diketahui bahwa tingkat keadaan uap masuk ketel bahan baku berada pada kondisi uap jenuh.

Umumnya boiler yang digunakan selama ini oleh petani nilam menggunakan biomassa sebagai bahan bakar, mengingat persediaan bahan bakar bio massa yaitu kayu semakin hari

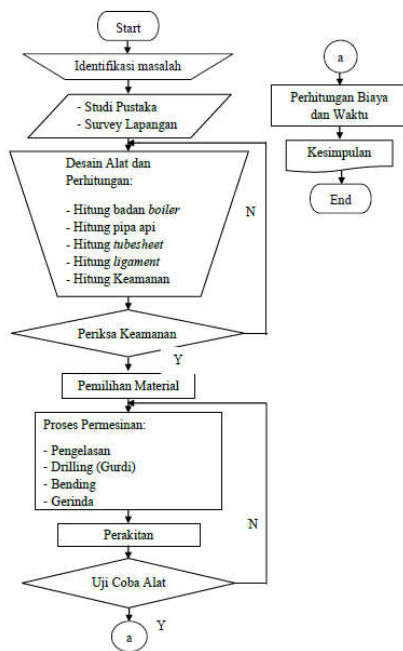
semakin sulit untuk didapatkan karena persediaan yang terbatas, terutama pada saat musim hujan. Disamping itu penggunaan kayu sebagai bahan bakar utama juga tidak efektif karena harus selalu dikontrol ketersediaanya, dan uap yang dihasilkan kurang efisien.

Berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan pada proses penyulingan minyak nilam menggunakan bahan bakar kayu membutuhkan waktu 7-8 jam dalam sekali proses penyulingan dan memakan biaya sekitar Rp.40.000 untuk membeli kayu bakar. Penghasilan minyak nilam yang diperoleh 0,9-1,2 Kg tergantung kualitas daun nilam dan uap yang dihasilkan.

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah dihasilkan satu unit *boiler vertikal firetube* berbahan bakar gas untuk penyulingan minyak nilam untuk menghasilkan uap panas lanjut dalam upaya meningkatkan rendemen dan mengurangi kadar air sehingga menghasilkan minyak nilam berkualitas ekspor. Digunakannya gas sebagai bahan bakar agar kualitas uap lebih efisien dan menghemat waktu.

**1. Metoda Penelitian**

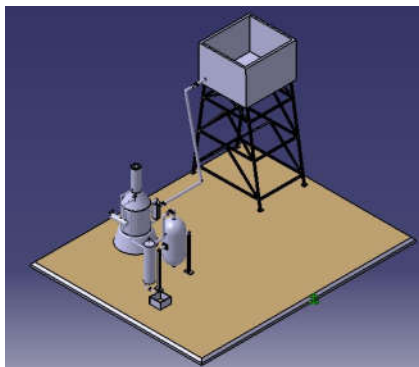
**a. Diagram alir**



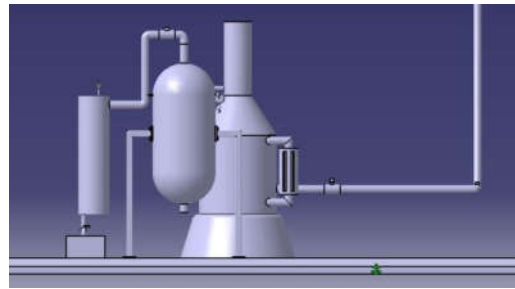
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

**b. Desain Boiler Vertical fire tube**

Perancangan *Boiler Vertikal Fire Tube* terutama pada tabung, mengikuti ukuran tabung yang sudah tersedia, yaitu setinggi 578 mm dengan tekanan perancangan sebesar 15 bar. Rancangan *Boiler Vertikal Fire Tube* dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Rangkaian Proses Penyulingan



Gambar 2.2 Tampak Depan Rangkaian

**2. Hasil Penelitian**

**3.1 Perhitungan Kontruksi Boiler**

Perhitungan konstruksi boiler dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Boiler vertikal fire tube

**a. Badan Boiler**

*Boiler* yang direncanakan tergolong kedalam steam boiler kapasitas kecil. Material dalam merencanakan badan boiler ini menggunakan bahan merupakan material SA 285 Grade C carbon steel untuk boiler pada ASME Section IV. Material didapatkan data sebagai berikut:

S = Maximum Allowable stress value  
 = 11 ksi = 11000 lb/in<sup>2</sup>

(ASME Section IV 2004: 73)

E = Joint coefficient  
 = 85% = 0.85

(ASME Section IV 2004: 86)

R = Radius dalam badan boiler  
 = 6,35inc (161,3 mm)

D = Diameter dalam badan boiler  
 = 12,715 inc( 322,9 mm)

P = Tekanan perancangan  
 = 15 bar = 217,55lb/in<sup>2</sup>

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} = \frac{217,55 \times 6,35}{11000 \times 0,85 - 0,6 \times 217,55} = 0,149 \text{ inc} = 3,8 \text{ mm}$$

Jadi dengan *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) 217,55lb/in<sup>2</sup> ketebalan plat yang direncanakan sebesar 0,149 inc atau 3,8 mm, dan didapatkan diameter luar badan boiler sebesar 13 inc atau 330,2 mm.

**b. Pipa api (fire tube)**

Fire tube yang dirancang harus dapat menahan *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) sebesar 217,55lb/in<sup>2</sup>. Material fire tube menggunakan seamless carbon steel SA 53 Grade B untuk boiler pada ASME Section IV. Firetube pada boiler ini merupakan part yang mendapatkan external pressure. Pada perhitungan ketebalan tube direncanakan dengan metode trial and error untuk mendapatkan ketebalan yang sesuai, sebagai berikut:  
Material SA 53 Grade B didapatkan data sebagai berikut:

- S = Maximum Allowable stress value  
= 12 ksi =12000 lb/in<sup>2</sup>
- Yield strength = 242 Mpa  
(ASME Section IV 2004: 73)
- E = Joint coefficient  
= 85% = 0,85  
(ASME Section IV 2004: 86)
- P = Tekanan perancangan  
= 15 bar = 217,55lb/in<sup>2</sup>
- T = Temperature perancangan  
= 150°C
- R = Radius dalam pipa  
= 0,412 inc

$$t \frac{PR}{SE - 0.6P} + 0.4 = \frac{217,55 \times 0,412}{12000 \times 0,85 - 0,6 \times 217,55}$$

$$= 0,08 \text{ inc} = 2,43 \text{ mm}$$

**c. Tube sheet**

Tube sheet adalah tempat untuk menopang pipa-pipa api pada boiler. Tube sheet merupakan bagian yang mendapatkan tekanan yang paling besar. Oleh karena itu tube sheet harus dapat menahan *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) yang direncanakan. Material tube sheet menggunakan SA 53 Grade B merupakan material carbon steel untuk boiler pada ASME Section IV.  
Material SA 53 Grade B didapatkan data sebagai berikut:

- S = Maximum Allowable stress value  
= 12 ksi =12000 lb/in<sup>2</sup>  
(ASME Section IV 2004: 73)
- E = Joint coefficient  
= 85% = 0,85  
(ASME Section IV 2004: 86)
- P = Tekanan Perancangan  
= 15 bar = 217,55 lb/in<sup>2</sup>
- p = Maksimal Jarak Antar Pipa Api  
= 4,724 inc = 120 mm
- D = Diameter Luar Pipa  
= 0,75inc = 19,05 mm
- C = - 2.7 untuk pipa api pengelasan ketebalan kurang dari 11 mm (7/16inchi)  
- 2.8 untuk pipa api pengelasan ketebalan lebih dari 11 mm (7/16inchi)  
(ASME Section IV 2004: 26)

$$t = \sqrt{\left(\frac{P}{CS}\right) \left(p^2 - \frac{\pi D^2}{4}\right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{217,55 \text{ lb/in}^2}{2,7 \times 12000 \text{ lb/in}^2}\right) \left((4,724 \text{ in})^2 - \frac{3,14 \times (0,75)^2}{4}\right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{217,55 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}{32400 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}\right) \left(22,31 \text{ in}^2 - \frac{1,76 \text{ in}^2}{4}\right)}$$

$$= \sqrt{0,00671 \times (22,31 \text{ in}^2 - 0,44 \text{ in}^2)}$$

$$= \sqrt{0,00671 \times 21,87}$$

t = 0,38inc

Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan ketebalan tube sheet sebesar 0,81 in (20,57 mm), Untuk memudahkan pada saat proses produksi ketebalan tube sheet yang direncanakan diambil 20 mm atau 0,81in. Maka dengan ketebalan plat 20 mm dan *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) 217,55lb/in<sup>2</sup> dapat menahan tekanan sebesar :

$$P = \frac{CSt^2}{p^2 - \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}$$

$$= \frac{2,7 \times 12000 \times 0,38^2}{4,724^2 - \left(\frac{3,14 \times 0,75^2}{4}\right)}$$

$$= \frac{4678,56 \text{ lb}}{21,87 \text{ in}^2} = 213,9 \text{ lb/in}^2$$

**d. Ligament**

*Ligament* adalah jarak plat antar lubang pipa api pada tube sheet. *Ligament* menggunakan pola jarak yang sama pada setiap baris. Efisiensi ligament ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$E = \frac{p - d}{p}$$

p = Jarak antar lubang  
= 4,724 inc = 120 mm

d = diameter lubang pipa api  
= 0,75inc = 19,05 mm

$$E = \frac{p - d}{p} = \frac{4,724 - 0,75}{4,724}$$

E = 0,84 = 84%

**e. Faktor Keamanan**

Untuk mengetahui faktor keamanan pada suatu alat maka digunakan persamaan sebagai berikut:

*F (design)*

$$= \frac{\text{Ultimate Stress}}{\text{Working or Design Stress}}$$

$$= \frac{1375 \text{ psi}}{15 \text{ bar}}$$

$$= \frac{94,8 \text{ bar}}{15 \text{ bar}} = 6,32$$

**a. Hasil Pengujian**

Pengujian hanya dilakukan sampai dengan suhu 105°C dan mendapatkan tekanan sebesar 3 bar yang hanya membutuhkan waktu selama 63 menit. Diberhentikannya pengujian disebabkan karena valve (stop kran) mengalami kebocoran akibat tidak sanggup menerima tekanan dan data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)	Tekanan (bar)
1	46	80	1
2	55	100	2
3	63	105	3

**4. Kesimpulan**

Setelah selesai membuat *Boiler Vertikal Fire Tube*, maka penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan antara lain.

- Spesifikasi *Boiler Vertikal Fire Tube*
  - Tipe Boiler : *Boiler Vertikal Fire Tube*

- Diameter Badan *Boiler* : 33,02cm
- Diameter Pipa Api : 1,905cm
- Tinggi Tabung : 57,8cm
- Tekanan Perancangan : 15 bar
- Jenis Uap : Uap Jenuh
- Temperatur Operasi : 100°C-150°C
- Bahan Bakar : Gas

- Untuk mencapai temperatur 105°C dan tekanan 3 bar pengujian hanya membutuhkan waktu selama 63 menit.
- Pengujian menghemat waktu selama 7 jam dan bahan bakar dari penelitian sebelumnya.
- Total waktu pembuatan *Boiler Vertikal Fire Tube* adalah 8 jam 38 menit.
- Harga untuk seluruh pembelian material pada *Boiler Vertikal Fire Tube* adalah Rp 3.236.250

**5. Saran**

Beberapa saran yang dapat penulis berikan dalam pembuatan *Boiler Vertikal Fire Tube*, antara lain :

- Perhatikan perlengkapan kerja dan kondisi mesin sebelum melakukan pekerjaan.
- Sebaiknya dalam melakukan proses pemesinan kondisi fisik harus dalam keadaan sehat dan berkonsentrasi dalam bekerja demi keselamatan kerja.
- Untuk kekurangannya belum adanya pipa pembuangan air.

**6. Daftar Pustaka**

[1] Anshar Patria, dkk, 2008, Penyulingan minyak nilam melalui modifikasi alat dan penggunaan jenis bahan bakar, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Syiah Kuala, 2008.

[2] Ardiyanto Effendy, Dwi, 2013, Rancang Bangun Boiler untuk Proses Pemanasan Sistem Uap pada Industri Tahu dengan Menggunakan Catia V5, Semarang: Universitas Negeri Semarang.

[3] Hikmarika, Hera, 2013, Aplikasi Perbandingan Pengendali P, PI, Dan PID Pada Proses Pengendalian Suhu Dalam Sistem Mini Boiler, Palembang: Universitas Sriwijaya.