



Rancang Bangun *Boiler* Vertikal Destilasi Minyak Serai Wangi dengan Kapasitas Uap 100 Kg/Jam

Eva Oktaviani⁽¹⁾, Abdul Gafur⁽²⁾, Ibnu Hajar⁽³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis

Jl Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau, Indonesia

Email: evaoktaviani1099@gmail.com

abdulgafur@polbeng.ac.id

ibnu@polbeng.ac.id

ARTICLE INFO

Received xxx
revision xxx
accepted xxx
Available online xxx

ABSTRAK

Penelitian ini untuk merancang dan membuat *boiler* vertikal alat destilasi minyak serai wangi dengan kapasitas uap 100 kg/jam. Merancang *boiler* jenis vertikal *firetube boiler* menggunakan standar perancangan ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) dan membuat gambar desain dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor versi 2017. Hasil penelitian didapatkan spesifikasi *boiler* tekanan internal perancangan 3 bar dan tekanan operasi 2 bar. Dengan dimensi *boiler* yaitu diameter 500 mm, tinggi 1200 mm dan didalamnya terdapat pipa api dengan diameter 40 mm, panjang 100 mm dan berjumlah 17 buah. Material yang digunakan *carbon steel* bahan SA 285 GRADE C dan pipa *Seamless carbon steel* SA 53 Grade B. *Seamless carbon steel* SA 53 Grade B. Dan bahan bakar yang digunakan oli bekas. Metode destilasi yang akan digunakan ialah metode destilasi uap langsung.

Kata kunci: *Boiler, destilasi, ASME*

ABSTRACT

This research is to design and manufacture a vertical boiler for citronella oil distillation with a steam capacity of 100 kg/hour. Designing a vertical firetube boiler using ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) design standards and making design drawings using the 2017 version of Autodesk Inventor software. The dimensions of the boiler are 500 mm in diameter, 1200 mm in height and inside there are fire pipes with a diameter of 40 mm, a length of 100 mm and a total of 17 pieces. The materials used are carbon steel, SA 285 GRADE C and pipes, Seamless carbon steel, SA 53 Grade B, Seamless carbon steel, SA 53 Grade B. And the fuel used is used oil. The distillation method that will be used is the direct steam distillation method.

Keywords: *Boiler, distillation, ASME*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki berbagai jenis tanaman dan tumbuhan yang dapat menghasilkan minyak yang disebut dengan minyak nabati. Minyak atsiri merupakan salah satu jenis minyak nabati yang multifungsi, minyak serai wangi merupakan salah satu minyak atsiri yang diperoleh dari bagian daun dan batang tanaman serai wangi. Kualitas minyak serai wangi ditentukan oleh karakteristik alami dari minyak tersebut dan bahan-bahan asing yang tercampur di dalamnya. Apabila tidak memenuhi persyaratan mutu, harga jual minyak akan sangat murah (Kementerian Pertanian, 2013) (Anny Sulaswatty dkk, 2019).

Didalam alat destilasi ini terdapat beberapa komponen yang sangat diperlukan salah satunya adalah *boiler*. *Boiler* mengubah 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 (Achmad Risa H dan Rohmat Sitorus, 2020). Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa, terdapat 2 jenis tipe *boiler* yaitu *boiler* pipa api (*fire tube boiler*) dan *boiler* pipa air (*water tube boiler*). Dalam destilasi serai wangi terdapat beberapa bentuk *boiler* yaitu *boiler* vertikal dan horizontal.

Muhammad Luthfi, dkk (2018), melakukan penelitian rancang bangun *boiler* dan tangki penguapan minyak atsiri pada mesin destilator dengan metode uap berbahan baku daun serai. *Boiler* yang dirancang adalah *boiler fire tube* dengan bentuk vertikal. *Boiler* dapat mencapai temperature 100 °C, tidak mengalami kebocoran dengan kondisi air yang mendidih dengan massa kapasitas 10 liter dan

8. *Blowdown valve*
9. Ruanga pembakaran
10. *Tubesheet*
11. *Firetube (pipa boiler)*

2.3 Tempat

Adapun tempat yang digunakan untuk proses pembuatan alat ini di bengkel motor bakar jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis. Serta dalam proses perakitan dan pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

A. Alat

1. Mesin las
2. Mesin gerinda
3. Mesin bor
4. Jangka sorong
5. Mesin roll
6. Penggaris siku
7. Meteran
8. Helm las
9. Kaca mata
10. Palu
11. Kapur besi atau penggores
12. Instrument *boiler* penunjang perancangan (*pressure gauge, thermometer, safety valve, water level gauge, main steam valve, blowdown valve*)

B. Bahan

1. Pelat (*carbon steel* bahan SA 285 GRADE C menurut *Section IV*)
2. Pipa *boiler* (*Seamless carbon steel* SA 53 Grade B menurut *Section IV*)
3. Elektroda

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Kontruksi Boiler

3.1.1 Badan Boiler

Boiler yang direncanakan tergolong ke dalam steam *boiler* kapasitas kecil dan bertekanan rendah, sehingga standar yang digunakan yaitu ASME *Section IV*. Material dalam merancang badan *boiler* ini menggunakan bahan SA 285 Grade C merupakan material *carbon steel* untuk *boiler* pada ASME *Section IV*.

Material SA 285 Grade C didapatkan data sebagai berikut:

- S (*Maximum Allowable Stress Valve*) = 11 ksi = 11000 lb/in²
(ASME *Section IV* 2004: 73)
- E (*Joint Coefficient*) = 85% = 0,85
(ASME *Section IV* 2004: 86)
- P (Tekanan perancangan) = 3 bar = 43,5 lb/in²
- R (Radius dalam badan *boiler*) = 250 mm = 9,84 in
- D (Diameter dalam badan *Boiler*) = 500 mm = 19,69 in

Pada ASME *Section IV* variable tinggi tidak digunakan untuk mencari tebal badan *boiler*, maka peneliti menentukan sendiri tinggi badan *boiler* sesuai dengan kapasitas tampungan air yang akan dirancang. Tinggi badan *boiler* yaitu 1200 mm.

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} \quad (7)$$

(ASME *Section IV* 2004: 3)

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t = \frac{43,5 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \times 9,84 \text{ in}}{11000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \times 0,85 - 0,6 \times 43,5 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}$$

$$t = \frac{428,04 \frac{\text{lb}}{\text{in}}}{9350 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} - 26,1 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}$$

$$t = \frac{428,04 \frac{\text{lb}}{\text{in}}}{9347,39 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}$$

$$t = 0,045792461 \text{ in}$$

$$t = 0,046 \text{ in} = 1,2 \text{ mm}$$

Jadi dengan *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) sebesar 43,5 lb/in² ketebalan pelat yang direncanakan sebesar 0,046 in atau 1,2 mm. Untuk memudahkan pada saat proses produksi dan sebagai antisipasi, maka ketebalan badan *boiler* yang direncanakan diambil 7 mm atau 0,276 in.

3.1.2 Pipa Api (*firetube*)

Fire tube yang direncanakan harus dapat menahan *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) sebesar 43,5 lb/in². Material *fire tube* menggunakan *seamless carbon steel* SA 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 Valve*) = 12 ksi = 12000 lb/in²
(ASME *Section IV* 2004: 73)
- E (*Joint Coefficient*) = 85% = 0,85
(ASME *Section IV* 2004: 86)

Fire tube :

- D (Diameter luar *firetube*) = 40 mm = 1,57 in
- L (Panjang *firetube*) = 1000 mm = 39,4 in
- P (Tekanan perancangan) = 3 bar = 43,5 lb/in²
- T (Temperatur perancangan) = 150 °C

Pada ASME *Section IV* variable tinggi tidak digunakan untuk mencari tebal *firetube*, maka peneliti menentukan sendiri tinggi *firetube* sesuai dengan kapasitas tampungan air yang akan dirancang. Tinggi *firetube* yaitu 1000 mm.

Untuk mendapatkan ketebalan *firetube* dengan menggunakan prosedur pencarian pada ASME *Section IV*:

$$\text{Menentukan } L/D^0 \text{ dan } D^0/t \quad (10)$$

$$\frac{L}{D_0} = \frac{39,4 \text{ in}}{1,57 \text{ in}} = 25,1 \text{ in}$$

Diasumsikan $D_0/t = 40$

Dari table ASME Section 2 Part D 2010 Tabel G hal 791 dan ASME Section 2 Part D 2010 Table CS-2 hal 794 didapatkan:

Table 4.1 Pencarian P dengan $D_0/t = 40$

D_0/t	L/D^0	Faktor A	t (°C)	Faktor A	Faktor B (Mpa)	Faktor B (lb/in ²)
40	8,000	$7,31 \times 10^{-4}$	150	$3,56 \times 10^{-4}$	32,19	8668,76
40	14,430	$6,97 \times 10^{-4}$	150	$6,97 \times 10^{-4}$	63,04	9143,18
40	16,000	$6,92 \times 10^{-4}$	150	$9,0 \times 10^{-4}$	81,40	11806,07

Dari table 4.1 digunakan untuk mencari nilai P, dengan syarat $P > P_1$

$$\frac{D_0}{t} = 40$$

$$P = \frac{B}{D_0/t} \quad (11)$$

Pada ASME Section IV 2004, HG-312.3 hal 10

$$P = \frac{9143,18 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}{40}$$

$$P = 228,58 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$P > P_1$

$$228,58 \text{ lb/in}^2 > 43,5 \text{ lb/in}^2$$

Jadi $D_0/t = 40$ dapat digunakan

Diasumsikan $D_0/t = 50$

Dari table ASME Section 2 Part D 2010 Tabel G hal 791 dan ASME Section 2 Part D 2010 Table CS-2 hal 794 didapatkan:

Table 4.2 Pencarian P dengan $D_0/t = 50$

D_0/t	L/D^0	Faktor A	t (°C)	Faktor A	Faktor B (Mpa)	Faktor B (lb/in ²)
50	12,000	$4,49 \times 10^{-4}$	150	$2,84 \times 10^{-4}$	27,90	4046,55
50	14,430	$4,46 \times 10^{-4}$	150	$4,46 \times 10^{-4}$	43,81	6354,10
50	16,000	$4,44 \times 10^{-4}$	150	$8,0 \times 10^{-4}$	78,60	11109,89

Dari table 4.2 digunakan untuk mencari nilai P, dengan syarat $P > P_1$

$$\frac{D_0}{t} = 50$$

$$P = \frac{B}{D_0/t}$$

Pada ASME Section IV 2004, HG-312.3 hal 10

$$P = \frac{6354,10 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}{50}$$

$$P = 127,08 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$P > P_1$

$$127,087 \text{ lb/in}^2 > 43,5 \text{ lb/in}^2$$

Jadi $D_0/t = 50$ dapat digunakan

Diasumsikan $\frac{D_0}{t} = 60$

Dari table ASME Section II Part D 2010 Tabel G hal 791 dan ASME Section Part D 2010 Table CS-2 hal 794 didapatkan:

Tabel 4.3 Pencarian P dengan D^0/t

D_0/t	L/D^0	Faktor A	t (°C)	Faktor A	Faktor B (Mpa)	Faktor B (lb/in ²)
60	10,000	$3,22 \times 10^{-4}$	150	$1,6 \times 10^{-4}$	15,63	2266,93
60	14,430	$3,1 \times 10^{-4}$	150	$3,1 \times 10^{-4}$	30,29	4393,19
60	25,000	$3,07 \times 10^{-4}$	150	$7,83 \times 10^{-4}$	77,90	11298,44

Dari table 4.3 digunakan untuk mencari nilai P, dengan syarat $P > P_1$

$$\frac{D_0}{t} = 60$$

$$P = \frac{B}{D_0/t}$$

Pada ASME Section IV 2004, HG-312.3 hal 10

$$P = \frac{4393,19 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}{60}$$

$$P = 73,22 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$P > P_1$

$$73,22 \text{ lb/in}^2 > 43,5 \text{ lb/in}^2$$

Jadi $D_0/t = 60$ dapat digunakan

Berdasarkan perhitungan *trial and error* diatas maka diambil $D_0/t = 60$, karena nilai P lebih mendekati nilai P_1

$$\frac{D_0}{t} = 60$$

$$t = \frac{D_0}{60}$$

$$t = \frac{40 \text{ mm}}{60}$$

$$t = 0,67 \text{ mm}$$

Dari perhitungan didapatkan ketebalan sebesar 0,67 mm, maka ketebalan *tube* yang digunakan adalah 0,7 mm, dengan diameter *firetube* adalah 40 mm, sehingga diameter dalam *firetube* adalah 39,3.

3.1.3 Tubesheet

Tubesheet adalah tempat untuk menopang pipa-pipa api pada boiler. Tubesheet merupakan bagian yang mendapatkan tekanan yang paling besar. Oleh karena itu tubesheet harus dapat menahan *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) yang direncanakan. Material tubesheet menggunakan SA 285 Grade C merupakan material *carbon steel* untuk boiler pada ASME Section IV.

Material SA 285 Grade C didapatkan data sebagai berikut:

- S (*Maximum Allowable Stress Valve*) = 11 ksi = 11000 lb/in²
(ASME Section IV 2004: 73)
- E (*Joint Coefficient*) = 85% = 0,85
(ASME Section IV 2004: 86)
- P (Tekanan perancangan) = 3 bar = 43,5 lb/in²
- p (Maksimal jarak antar pipa api) = 90 mm = 3,54 in
- C = - 2,7 untuk pipa api pengelasan ketebalan kurang dari 11 mm (7/16 inchi)
- 2,8 untuk pipa api pengelasan ketebalan lebih dari 11 mm (7/16 inchi)
(ASME Section IV 2004: 26)
- D (Diameter luar *firetube*) = 40 mm = 1,57 in
Perhitungan ketebalan *tubesheet* dengan *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) 43,5 lb/in² sebagai berikut:

$$t = \sqrt{\left(\frac{P}{CS}\right) \left(p^2 - \frac{\pi D^2}{4}\right)} \quad (12)$$

$$t = \sqrt{\left(\frac{43,5 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}{2,7 \times 11000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}\right) \times \left((3,53 \text{ in})^2 - \frac{3,14 \times (1,57)^2}{4}\right)}$$

$$t = \sqrt{\left(\frac{43,5 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}{29700 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}\right) \times \left(12,5316 \text{ in}^2 - \frac{3,14 \times 2,4649 \text{ in}^2}{4}\right)}$$

$$t = \sqrt{0,00146 \times (12,5316 \text{ in}^2 - 1,9349465 \text{ in}^2)}$$

$$t = \sqrt{0,00146 \times 10,5966535}$$

$$t = \sqrt{0,0154711141}$$

$$t = 0,124382933$$

$$t = 0,12 \text{ in}$$

Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan ketebalan *tubesheet* sebesar 0,12 in (1,2 mm), untuk memudahkan pada saat proses produksi ketebalan *tubesheet* yang direncanakan diambil 6 mm atau 0,236 in. Dan *Maximum Allowable Working Pressure* (MAWP) 43,5 lb/in² dapat menahan tekanan sebesar:

$$P = \frac{cst^2}{p^2 - \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} \quad (14)$$

(ASME Section IV 2004: 26)

$$P = \frac{2,7 \times 11000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \times (0,236 \text{ in})^2}{(3,54 \text{ in})^2 - \left(\frac{3,14 \times (1,57 \text{ in})^2}{4}\right)}$$

$$P = \frac{29700 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \times 0,055696 \text{ in}^2}{12,5316 \text{ in}^2 - \left(\frac{3,14 \times 2,4649 \text{ in}^2}{4}\right)}$$

$$P = \frac{1654,17 \text{ lb}}{12,5316 \text{ in}^2 - 1,9349465 \text{ in}^2}$$

$$P = \frac{1654,17 \text{ lb}}{10,5966535 \text{ in}^2}$$

$$P = 156,10 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

Jadi, dengan ketebalan pelat yang direncanakan sebesar 0,236 in atau 6 mm dapat menahan tekanan sebesar 156,10 lb/in²

3.1.4 Ligament

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

$$E = \frac{p-d}{p} \quad (15)$$

Pada ASME Section IV 2004: HG-350.2 hal 29

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

$$E = \frac{3,54 \text{ in} - 1,57 \text{ in}}{3,54}$$

$$E = \frac{1,97 \text{ in}}{3,54 \text{ in}}$$

$$E = 0,56 = 56\%$$

Jadi efisiensi *ligament* adalah 56%. Seseuai dengan rumus dari ASME efisiensi *ligament* dipengaruhi oleh besarnya diameter pipa dan juga jarak antar pipa api. Pertimbangan perancangan *ligament* pada perancangan ini yaitu dengan

diameter pipa yang relatif kecil yaitu 40 mm dan berjumlah 17, maka akan mendapatkan permukaan penghasil panas yang lebih luas sehingga air yang ada disekitar pipa api nanti dapat mendidih lebih cepat.

3.1.5 Pipa Nosel

Pipa nosel berfungsi sebagai penopang instrumen boiler seperti *safety valve, pressure gauge / manometer, thermometer, water level gauge, main steam valve,* dan *blowdown*. Kebutuhan pipa nosel disesuaikan dengan kebutuhan fungsi instrumennya, jadi ada perbedaan ukuran pipa nosel setiap instrumen. Material pipa nosel menggunakan *seamless carbon steel SA 53 Grade B* untuk boiler ditunjukkan pada ASME Section IV Table HF-300.1 hal 73.

Material SA 53 Grade B didapatkan data sebagai berikut:

- S (*Maximum Allowable Stress Valve*) = 12 ksi = 12000 lb/in² (ASME Section IV 2004: 73)
- E (*Joint Coefficient*) = 85% = 0,85 (ASME Section IV 2004: 86)

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} + 0,04 \tag{16}$$

(ASME Section IV 2004: 3)

- P (Tekanan perancangan) = 3 bar = 43,5 lb/in²
- R₁ (Radius dalam pipa nosel) = 0,5 in = 12,7 mm
- R₂ (Radius dalam pipa nosel) = 1 in = 25,4 mm

a. Pipa nosel *safety valve, manometer, thermometer* dan *water level gauge*

Pipa nosel menggunakan pipa carbon steel dengan ukuran diameter 0,5 in. Tebal pipa nosel yang dibutuhkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$t = \frac{PR_1}{SE - 0,6P} + 0,04$$

$$t = \frac{43,5 \frac{lb}{in^2} \times 0,5 \text{ in}}{12000 \frac{lb}{in^2} \times 0,85 - 0,6 \times 43,5 \frac{lb}{in^2}} + 0,04$$

$$t = \frac{21,75 \frac{lb}{in}}{10200 \frac{lb}{in^2} - 26,1 \frac{lb}{in^2}} + 0,04$$

$$t = \frac{21,75 \frac{lb}{in}}{10173,9 \frac{lb}{in^2}} + 0,04$$

$$t = 0,002 + 0,04$$

$$t = 0,042 \text{ in}$$

$$t = 1,0668 \text{ mm} = 1 \text{ mm}$$

Ketebalan pipa nosel minimal yang diizinkan adalah 1 mm (0,042 in). Jadi dari hasil perhitungan memenuhi syarat dapat digunakan.

b. Pipa nosel *main steam* dan *blowdown*

Pipa nosel menggunakan pipa carbon steel dengan ukuran diameter 1 in. Tebal pipa nosel yang dibutuhkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$t = \frac{PR_2}{SE - 0,6P} + 0,04$$

$$t = \frac{43,5 \frac{lb}{in^2} \times 1 \text{ in}}{12000 \frac{lb}{in^2} \times 0,85 - 0,6 \times 43,5 \frac{lb}{in^2}} + 0,04$$

$$t = \frac{43,5 \frac{lb}{in}}{10200 \frac{lb}{in^2} - 26,1 \frac{lb}{in^2}} + 0,04$$

$$t = \frac{43,5 \frac{lb}{in}}{10173,9 \frac{lb}{in^2}} + 0,04$$

$$t = 0,004 + 0,04$$

$$t = 0,044 \text{ in}$$

$$t = 1,1176 \text{ mm} = 1,1 \text{ mm}$$

Ketebalan Pipa nosel minimal yang diizinkan yaitu 1 mm (0,042 in). Jadi dari hasil perhitungan yaitu 0,044 in (1,1 mm) memenuhi syarat dan dapat digunakan.

3.2 Tahap Pengujian

1. Tahap Pengujian

Adapun tahapan pengujian yang akan dilakukan ialah sebagai berikut:

1. Pengecekan semua komponen pada boiler
2. Pengisian air sampai dengan batas volume air yang sudah ditentukan dapat dilihat pada *water level gauge*
3. Pastikan semua katup atau *valve* dalam keadaan tertutup (terkunci)
4. Proses pemanasan melalui pembakaran pada tungku dengan bahan bakar kayu sehingga tekanan uap mencapai 1 bar
5. Perhatikan pada *pressure gauge* yang tertera pada boiler untuk melihat tekanannya
6. Perhatikan pada termometer yang tertera pada boiler untuk melihat temperturnya
7. Jika sudah mencapai tekanan dan temperatur yang sesuai maka steam akan bekerja sesuai dengan tekanan dan temperatur
8. Kemudian *steam* akan mengalir keluar melalui *main steam valve* menuju destilator
9. Ukurlah suhu dan *steam* yang keluar
10. Catatlah setiap hasil pengujian pada table 3.2
11. Lakukan pengujian selanjutnya sesuai dengan tekanan yang telah ditentukan.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan standar ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) dan gambar desain konstruksi boiler menggunakan software Autodesk Inventor versi 2017 maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil perancangan konstruksi boiler jenis vertical *firetube boiler* dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Tipe boiler: Vertikal *fire tube boiler*
2. Diameter badan boiler : 500 mm
3. Tinggi badan boiler : 1200 mm
4. Diameter pipa api (*fire tube*) : 40 mm (jumlah pipa 17 buah)
5. Tebal pelat: 1,2 mm
6. Jenis pelat yang digunakan : *Carbon steel* bahan SA 285 Grade C ASME Section IV
7. Material pipa api (*fire tube*): *Seamless carbon steel* SA 53 Grade B ASME Section IV
8. Temperatur operasi : 100 °C – 150 °C
9. Tekanan operasi : 2 bar
10. Bahan bakar : Oli bekas
11. Jenis uap : Uap jenuh

4.2 Saran

Perancangan boiler ini menghasilkan bentuk atau dimensi boiler, untuk mengetahui penggunaan boiler diharapkan ada penelitian lebih lanjut untuk menganalisis efisiensi dan kinerja boiler yang sudah dirancang.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Anny Sulaswatty, M.S. (2019). *QUO Vadis Minyak Serai Wangi dan Produk Turunannya*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- 2) Aviasti Anwar, d. (2016, Desember). *Teknologi Penyulingan Minyak Sereh Wangi Skala Kecil dan Menengah di Jawa Barat*. *Teknoin*, 22, 664-672.
- 3) Rizky Agustira, d. (2017, Agustus). *Rancang Bangun Boiler Vertikal Fire Tube Berbahan Gas Elpiji untuk Proses Penyulingan Minyak Nilam*. *Mesin Sains Terapan*, 1, 57-60.
- 4) Luthfi, M. (2018, September). *Rancang Bangun Boiler Dan Tangki Penguapan Minyak Atsiri Pada Mesin Destilator Dengan Metode Uap Berbahan Baku Daun Serai (Cymbopogon Nardus)*. *Jurnal CRANKSHAFT*, 1, 9-12.
- 5) Dwi Ardiyanto Effendy, S. M. (2013). *Rancang Bangun Boiler Pada Industri Tahu untuk Proses Pemanasan Sistem Uap Pada Industri Tahu dengan Menggunakan Catia V5*. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 7.
- 6) Dwi Ardiyanto Effendy, S. M. (2013). *Rancang Bangun Boiler pada Industri tahu untuk Proses Pemanasan Sistem Uap pada Industri Tahu dengan Menggunakan Catia V5*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- 7) Ihsan, S. (2019, Februari). *Kajian Teoritis Perencanaan Boiler Pipa Api pada Usaha Kecil Vulkanisir*. *Jurnal Teknik Mesin*, 8, 30-32
- 8) Harfit, A. R. (2020). *Analisa Hasil Simulasi Perancangan Konstruksi Boiler Untuk Pengolahan*

- Tahu*. Jakarta: Universitas Gunadarma Fakultas Teknologi Industri
- 9) Purba, J. (2016). *Perancangan Boiler Pipa Api Untuk Perebusan Bubur Kedelai pada Industri Tahu Kapasitas Uap Jenuh 160 Kg/Jam*. Pasir Pengaraian: Universitas Pasir Pengaraian.
 - 10) Effendy, D. A. (2013). *Rancang Bangun Boiler untuk Proses*. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Semarang.
 - 11) Tim-bestekin.(2014, Januari 14). *Pengendalian Korosi Boiler yang Tepat*. Retrieved Maret