

RANCANG BANGUN BOILER VERTIKAL UNTUK INDUSTRI TAHU

Abdul Gafur¹, Imran², Sidik³)

^{1,2,3}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis, Jalan Bathin Alam, Bengkalis, 28711
E-mail: Abdulgafur@polbeng.ac.id

Abstract

This research is to design and manufacture a vertical boiler for boiling tofu. Conventional boiling of tofu takes a long time, for 10 kg of mashed soybeans it takes up to 60 minutes. Therefore a boiler is designed to speed up the boiling process. The designed boiler is a vertical type boiler with firetube boiler pipes using the ASME (American Society of Mechanical Engineers) design standard and making design drawings using the Autodesk Inventor software version 2017. The results of the study obtained the internal pressure boiler design specifications of 3 bar and operating pressure of 2 bar. With the dimensions of the boiler, namely a diameter of 500 mm, a height of 1200 mm and in it there are fire pipes with a diameter of 40 mm, a length of 100 mm and a total of 17 pieces. The material used is carbon steel SA 285 GRADE C and seamless carbon steel pipes SA 53 Grade B. Seamless carbon steel SA 53 Grade B and the fuel used is wood. Initial test results by varying the pressure from 1, 1.5, 2, and 2.5 bar with an average heating time of about 50 minutes with air temperature reaching 122 °C and steam temperature 130 °C.

Keywords: Vertical Boiler, Fire Pipe, Tofu, ASME

Abstrak

Penelitian ini untuk merancang dan membuat *boiler* vertikal untuk merebus tahu. Perebusan tahu secara konvensional memerlukan waktu yang lama, untuk 10 kg kacang kedelai yang telah di haluskan memerlukan waktu hingga 60 menit. Oleh karena itu dirancang boiler untuk mempercepat proses perebusan. Boiler yang dirancang adalah boiler jenis vertikal dengan pipa *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 kayu. Hasil pengujian awal dengan bervariasi tekanan mulai dari 1, 1,5, 2, dan 2,5 bar dengan waktu pemanasan rata-rata sekitar 50 menit dengan kondisi suhu air mencapai 122 °C dan suhu uap 130 °C.

Kata Kunci: Boiler Vertikal, Pipa Api, Tahu, ASME

PENDAHULUAN

Perkembangan industri meningkat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga industri merupakan salah satu sektor penting yang menopang perekonomian negara Indonesia. Industri Tahu tidak lepas dari panas untuk memanaskan tahu yang merupakan sumber utama untuk proses pengolahan tahu yang panasnya bersumber dari uap yang dihasilkan oleh ketel uap atau boiler. Dimana ketel uap adalah mesin pembakaran luar yang berfungsi merebus air untuk menghasilkan uap jenuh yang mana uapnya masih mengandung air, salah satunya peralatan industri tahu

yang merupakan peralatan sekunder adalah ketel uap yang berfungsi untuk memasak kedelai yang akan digiling dan dicetak jadi tahu. Saat ini panas yang digunakan di masyarakat produsen industri tahu menggunakan manual dari api kayu bakar dengan wadah kualii kapasitas 100 liter air. Proses manual tersebut memerlukan waktu yang lama dalam produksi. Salah satu tahapan yang penting dalam proses pembuatan tahu adalah pemasakan bubur kedelai. Selain sangat menentukan kualitas produk, proses pemasakan juga merupakan tahapan yang memerlukan energi terbanyak. Proses perebusan bubur kedelai pada industri tahu umumnya masih dilakukan dengan alat konvensional.

Permasalahan yang dihadapi mitra usaha tahu berkah adalah lamanya proses perebusan bubur kedelai yang akan dijadikan tahu, proses perebusan secara manual memakan waktu 60-80 menit untuk kapasitas 10 Kg kedelai yang di rebus menggunakan 100 liter air. Lamanya proses perebusan ini mengakibatkan kapasitas produksi hanya bisa sebanyak 100 kg kedelai perhari dengan waktu efektif mulai jam 8 pagi hingga jam 7 malam. Lamanya proses pengolahan tersebut menyebabkan kuantitas tahu yang dibuat terbatas sedangkan permintaan pasar akan tahu terus meningkat. Mitra tahu barokah ingin meningkatkan kapasitas produksi per harinya minimal 200 kg kedelai karena permintaan pasar mencapai jumlah tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan suatu inovasi dalam proses perebusan bubur kedelai ini agar lebih cepat dan hasilnya lebih maksimal.

Boiler pipa api ini memiliki kontruksi yang sederhana, mudah perawatannya, murah dan pembuatan yang mudah. Boiler direncanakan dalam bentuk tegak (vertical) karena tidak memakan tempat, sehingga dapat ditempatkan pada ruangan yang relatif kecil. Kapasitas uap yang dihasilkan 300 kg/jam dalam bentuk uap basah. Skala kapasitas boiler ini cukupmencakup kebutuhan industri kecil seperti industri tahu, industri pengolahan pangan produk buah manisan/asinan, dan sebagainya (Rusnoto 2008:32). Standart perancangan boiler yang digunakan yaitu ASME (American Society of Mechanical Engineers), dan disesuaikan dengan kebutuhan untuk proses pemanasan sistem uap pada industri tahu. Dwi Ardiyanto Effendy, dkk (2013), melakukan penelitian tentang rancang bangun *boiler* pada industry tahu untuk proses pemanasan sistem uap dengan menggunakan CATIA V5. Penelitian dilakukan menggunakan

metode Research and Development dengan bantuan perangkat lunak (software) yang mampu menganalisa karakteristik suatu model. Kontruksi *boiler* dirancang dengan standart ASME (*American Society of Mechanical Engineers*). Hasil penelitian didapatkan spesifikasi *boiler* jenis *Vertical fire tube boiler* dengan tekanan uap operasi 2 bar dan tekanan internal perancangan 6 bar. Sehingga dari data tersebut maka kontruksi *boiler* dapat dikatakan aman. Sobar Ihsan (2019), melakukan penelitian dengan kajian teoritis perencanaan *boiler* pipa api pada usaha kecil vulkanisir. Penelitiannya bertujuan untuk merancang kontruksi *boiler* jenis *Vertical fire tube boiler* dengan kapasitas 150 kg/jam menghasilkan uap jenuh pada temperatur 150 °C – 200 °C untuk digunakan pada proses pemanasan sistem uap pada usaha kecil vulkanisir ban. Pada penelitian ini akan dikaji mengenai bagaimana perancangan konstruksi boiler jenis *vertical fire tube boiler* yang menghasilkan uap jenuh pada temperatur 150 °C - 200 °C.

METODE PENELITIAN

Adapun dalam penelitian ini memiliki beberapa proses dan langkah yang akan dikerjakan pada saat penelitian akan dilakukan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Studi literature, 2. Studi lapangan, 3. Persiapan alat dan bahan, 4. Pengukuran alat, 5. Analisa alat.

Penelitian ini akan dilaksanakan di Jurusan Mesin Politeknik Negeri Bengkalis Jalan Bathin Alam Sungai Bengkalis. Waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan alat dan pengambilan data adalah sekitar 8 bulan. Parameter yang diukur dalam penelitian ini dibagi menjadi parameter tetap dan parameter berubah, parameter tetap dalam penelitian ini terdiri dari jumlah bubur kedelai, waktu juga menjadi parameter tetap dalam penelitian ini. Sedangkan untuk parameter berubah pada penelitian ini adalah suhu masuk dan suhu keluar dari boiler.

METODE PENELITIAN

Model penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Dalam hal ini variabel independen nya adalah waktu dan jumlah uap dan bubur kedelai yang diolah, sedangkan variabel hasil adalah lama waktu pemanasan bubur kedelai hingga bisa dijadikan tahu. Setelah data berhasil diperoleh dari hasil pengujian, maka data dikumpulkan dan di olah

dengan cara dihitung menggunakan rumus yang telah diberikan dan menggunakan excel dan diolah kemudian di ubah dalam bentuk grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perancangan *Boiler*

Desain boiler yang telah didapatkan merupakan hasil dari pengumpulan data dari literatur, survei lapangan dan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan.

Spesifikasi perancangan bangun boiler didapatkan data sebagai berikut:

1. Tipe *boiler* : Vertikal *fire tube boiler*
2. Diameter badan *boiler* : 500 mm
3. Diameter pipa api : 40 mm (jumlah pipa 17 buah)
4. Tinggi badan *boiler* : 1200 mm
5. Tinggi pipa api : 1000 mm
6. Tekanan perancangan : 3 bar
7. Jenis uap : Uap jenuh
8. Temperatur operasi : 100 °C-150 °C
9. Tekanan operasi : 2 bar
10. Bahan bakar : Oli bekas
11. Volume ruang uap : 77,9 Liter

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.

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.

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:

Menentukan L/D^0 dan D^0/t

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

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 $P > P_1$

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

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

Pada ASME *Section IV 2004*, HG -312.3 hal 10

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

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

$$P > P_1$$

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

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 |

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

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

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 $D/t = 50$ dapat digunakan

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

Section Part D 2010 Table CS-2 hal 794 didapatkan:

0

Tabel 4.3 Pencarian P dengan $D/t = 60$

| 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 $P > P_1$

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

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

Pada ASME *Section IV* 2004, HG-312.3 hal 10

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

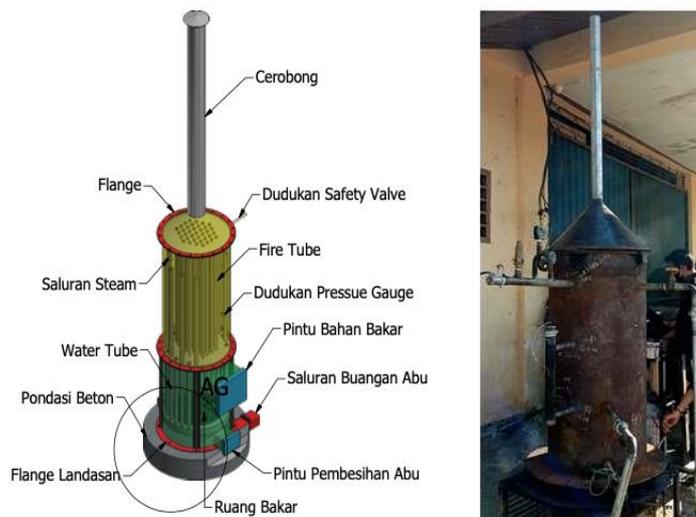
$$P = 73,22 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$P > P_1$$

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

Jadi $D_o/t = 60$ dapat digunakan

Dari perhitungan didapatkan ketebalan sebesar 0,67 mm, sehingga diameter dalam *firetube* adalah 39,3.



Gambar 1. Hasil Desain dan Boiler Vertikal Pipa Api

Hasil pengujian awal dengan bervariasi tekanan mulai dari 1, 1,5, 2, dan 2,5 bar dengan waktu pemanasan rata-rata sekitar 50 menit dengan kondisi suhu air mencapai 122 °C dan suhu uap 130 °C.

Hasil Pengujian menggunakan kedelai

| No | Berat Bahan Baku (kedelai) | Waktu | | Suhu air (°C) | Suhu uap (°C) | Suhu Api (°C) |
|----|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Pemanasan boiler (menit) | Waktu Masak kedelai (menit) | | | |
| 1 | 10 | 52 | 10 | 100 | 108 | 994 |
| 2 | 15 | 33 | 15 | 104 | 119 | 990 |
| 3 | 20 | 50 | 17 | 112 | 125 | 989 |
| 4 | 25 | 68 | 20 | 122 | 130 | 992 |

Hasil pengujian menggunakan bahan baku kedelai sebanyak 10, 15, 20, dan 25 kg hanya membutuhkan waktu pemasakan kedelai masing-masing 10 menit, 15 menit, 17 menit, dan 20 menit.

SIMPULAN

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:

Tipe boiler: Vertikal *fire tube boiler*, diameter badan boiler : 500 mm, tinggi badan boiler : 1200 mm, diameter pipa api (*fire tube*) : 40 mm (jumlah pipa 17 buah), tebal pelat: 1,2 mm, jenis pelat yang digunakan : *Carbon steel* bahan SA 285 Grade C ASME Section IV, material pipa api (*fire tube*): *Seamless carbon steel* SA 53 Grade B ASME Section IV, temperatur operasi : 100 °C – 150 °C, tekanan operasi : 2 bar, bahan bakar : kayu, jenis uap : uap jenuh. Berdasarkan Hasil pengujian awal dengan bervariasi tekanan mulai dari 1, 1,5, 2, dan 2,5 bar dengan waktu pemanasan rata-rata sekitar 50 menit dengan kondisi suhu air mencapai 122 °C dan suhu uap 130 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- 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.
- Effendy, D. A. (2013). *Rancang Bangun Boiler Untuk Proses*. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Semarang.



11th Applied Business and Engineering Conference

- Harfit, A. R. (2020). *Analisa Hasil Simulasi Perancangan Konstruksi Boiler Untuk Pengolahan Tahu*. Jakarta: Universitas Gunadarma Fakultas Teknologi Industri
- Ihsan, S. (2019, Februari). *Kajian Teoritis Perencanaan Boiler Pipa Api Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Suga
- Rustono. (2008). *Perencanaan Ketel Uap Tekanan 6 Atm dengan Bahan Bakar Kayu untuk Industri Sederhana Oseatek*. UPS. Tegal
- Raharjo W. D. (2008). *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press
- Ardiyanto-Effendy, D. (2013). Rancang Bangun Boiler pada Industri Tahu untuk Proses Pemanasan Sistem Uap dengan Menggunakan Catia V5. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 2(2).
- Hakim, L., & Subekti, P. (2015). Rancang Bangun Ketel Uap mini dengan Pendekatan Standar SNI Berbahanbakar Cangkang Sawit untuk Kebutuhan Pabrik Tahu Kapasitas 200 kg kedelai/hari. *Jurnal Aptek*, 7(1), 45-52.