



RANCANG BANGUN *BOILER* PADA INDUSTRI TAHU UNTUK PROSES PEMANASAN SISTEM UAP DENGAN MENGGUNAKAN CATIA V5

Dwi Ardiyanto Effendy[✉], Sunyoto, Masugino,

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2013
Disetujui September 2013
Dipublikasikan Oktober 2013

Keywords:

Boiler;
CATIA V5

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) merancang konstruksi boiler jenis Vertical fire tube boiler menghasilkan uap jenuh pada temperatur 100 °C – 150 °C, 2) merancang boiler menggunakan standar perancangan ASME (American Society of Mechanical Engineers), 3) mengetahui desain dan analisis statis boiler menggunakan CATIA V5. Metode penelitian menggunakan Research and Development dengan bantuan perangkat lunak (software). Hasil penelitian didapatkan spesifikasi boiler tekanan uap operasi 2 bar dan tekanan internal perancangan 6 bar. Dimensi boiler yaitu diameter 757 mm, tinggi 2200 mm dan didalamnya terdapat pipa api dengan diameter 68 mm berjumlah 21 buah. Bahan bakar menggunakan kayu bakar. Volume air maksimal yang dapat di isikan dalam boiler hingga 327 liter. Material yang digunakan plat carbon steel SA 285 Grade C dan pipa seamless carbon steel SA 53 Grade B. Analisis statis boiler diperoleh tegangan maksimal $2,92 \times 10^8$ N/m², displacement maksimal yang terjadi pada konstruksi boiler adalah 1,47 mm. Konstruksi boiler memiliki angka keamanan 1,42.

Abstract

The objective of this research are: 1) to design construction of boiler tipe Vertical Fire Tube boiler to result 100 °C – 150 °C saturated steam temperature, 2) to design boiler with ASME (American Society of Mechanical Engineers) of plan standart, 3) to determine the design and static analysis boiler with CATIA V5. The method used in this research is Research and Development with software. These results get boiler specification 2 bar of operation steam pressure and 6 bar of internal design pressure. Boiler dimention are 757 mm of diameter, 2200 mm of high and on inside are 68 mm diameters of 21 fire tube. The fuel is wood. Maximal water volume to be used in boiler up to 327 liter. The material used are carbon steel SA 285 Grade C and pipe seamless carbon steel SA 53 Grade B. Analysis static of boiler to result $2,92 \times 10^8$ N/m² of maximal strees, maximum displacement on the boiler contruction is 1,47 mm. Boiler contruction have 1,42 of safety value.

© 2013 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Gedung E9 Lantai 2 FT Unnes
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: dy.ardi@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Proses produksi merupakan jantung dari suatu industri. Industri makanan, industri garmen maupun industri yang lainnya, mengandalkan peralatan-peralatan yang digunakan dalam proses produksi. Industri tahu merupakan salah satu industri makanan yang perlu dikembangkan dalam peralatan produksinya. Banyak para pengusaha tahu yang masih menggunakan alat-alat sederhana dalam memproduksi tahunya. Mereka masih menggunakan dandang sebagai alat produksi pada proses perebusan. Tetapi perebusan dengan menggunakan dandang ini beresiko dapat merusak kualitas dari tahu itu sendiri. Karena pada proses pengukusan atau perebusan dengan menggunakan dandang ini dapat menimbulkan aroma yang kurang sedap pada produk tahu, ini disebabkan adanya penggumpalan hasil perebusan air dibagian bawah dandang, biasanya berbentuk kerak. Kerak inilah yang menghambat proses pemanasan air sehingga menghasilkan bau yang kurang sedap atau biasa disebut sangit.

Perkembangan ilmu teknologi saat ini dapat mendukung perkembangan alat-alat produksi pada industri tahu. Salah satunya teknologi dalam bidang konversi energi yang memunculkan banyak ide-ide kreatif untuk memanfaatkannya pada dunia industri. Mesin-mesin konversi energi menjadi sumber tenaga yang akan mengoperasikan berbagai mesin produksi dalam suatu industri. Salah satu mesin konversi energi adalah *boiler* atau ketel uap. *Boiler* mampu merubah air menjadi uap air yang dapat dimanfaatkan tekanan maupun panas dari uap air tersebut. Pada skala yang besar *boiler* digunakan untuk instalasi tenaga atau pembangkit tenaga melalui turbin uap. Industri kecil dan menengah banyak memanfaatkan *boiler* untuk proses pengolahan dan pemanasan dengan memanfaatkan panas dari uap air yang dihasilkan.

Pada beberapa industri tahu sudah menggunakan peralatan produksi penghasil uap. Tetapi peralatan ini dirasa tidak aman. Mesin uap konvensional ini terbuat dari drum yang

berfungsi sebagai penangkap uap. Uap atau panas yang dikumpulkan oleh drum tersebut berasal dari kayu yang dibakar. Pada awalnya kayu akan dibakar di dekat drum tersebut. Lalu uap panasnya akan terkumpul dalam drum sebelum akhirnya akan disalurkan melalui pipa-pipa besi ke bak-bak penampungan. Peralatan sederhana ini tentunya boros energi, proses produksi yang lama dan kinerja yang tidak terkontrol. Dalam bidang kesehatan peralatan sederhana ini juga tentunya dapat mengganggu, khususnya pada kesehatan pernafasan. Peralatan ini menghasilkan asap yang menjadi polusi udara di dalam tempat industri.

Salah satu industri tahu yang dapat dikembangkan untuk menggunakan *boiler* pada proses produksinya adalah industri tahu yang berkembang di Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang yaitu industri pembuatan tahu Serasi. Tahu tersebut mempunyai karakteristik berbeda dengan tahu yang diproduksi dari daerah lain yaitu tanpa bahan pengawet, rasanya lezat, bentuk fisiknya padat dan warnanya putih. Tahu Serasi telah menjadi icon bagi kota Bandungan. Cara pengolahan tahu Serasi ini hampir sama dengan tahu pada umumnya. Pada tahap pemanasan prosesnya sama dengan dilakukan pada pembuatan tahu biasa. Sehingga sangat cocok industri tahu Serasi ini untuk dapat memanfaatkan *boiler* pada proses produksinya.

Pada proses produksi tahu ini *boiler* memiliki fungsi yang sangat vital. Sama vitalnya dengan instalasi yang bekerja pada mesin *boiler* itu sendiri. *Boiler* menghasilkan uap air yang memiliki tekanan tinggi. Jika terjadi kebocoran akan dapat melukai tenaga operatornya, atau bahkan dapat meledak dan akan merusak lingkungan disekitarnya. Apabila kerusakan tersebut terjadi pada *boiler* maka akan menunda proses produksi sehingga produk yang dihasilkan kualitasnya menurun atau akan rusak.

Oleh karena itu perlu adanya perancangan bangun *boiler* yang sesuai untuk industri tahu. Jenis *boiler* yang dirancang yaitu *boiler* pipa api (*fire tube boiler*). *Boiler* jenis ini banyak dipakai untuk industri pengolahan mulai skala kecil

sampai skala menengah (Raharjo dan Karnowo 2008: 180). *Boiler* pipa api ini memiliki konstruksi 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 cukup mencakup 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. Jadi rancang bangun *boiler* yang akan dibuat memiliki konstruksi yang aman untuk digunakan pada industri tahu.

Perancangan *boiler* ini menggunakan *software* CATIA V5, yaitu salah satu perangkat lunak atau *software* yang sangat membantu dalam proses penyelesaian desain, simulasi dan analisis. Penggunaan *software* CATIA V5 ini tergolong mudah, mulai dari pemodelan hingga analisis komponen atau konstruksi dapat dilakukan. *Software* CATIA V5 ini digunakan untuk pembuatan design *boiler* 3D dan selanjutnya akan dilakukan analisis statik guna mengetahui kekuatan struktur yang dimiliki *boiler* tersebut.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah pertama untuk merancang konstruksi *boiler* jenis *Vertical fire tube boiler* dengan kapasitas 300 kg/jam yang menghasilkan uap jenuh pada temperatur 100 °C – 150 °C, untuk digunakan pada proses pemanasan sistem uap pada industri tahu. Kedua untuk merancang konstruksi *boiler* yang aman sesuai dengan standart perancangan ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) untuk digunakan pada proses pemanasan sistem uap pada industri tahu. Ketiga untuk mengetahui desain dan analisis statik *boiler* yang akan digunakan untuk pemanasan sistem uap pada industri tahu dengan menggunakan CATIA V5.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Research and Development* dengan bantuan perangkat lunak (*software*) yang mempunyai kemampuan untuk menganalisis karakteristik statis suatu model. *Research and Development* yaitu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah perancangan, dimana dalam perancangan tersebut mengetahui sebuah rancangan yang akan diuji. Secara umum proses perancangan suatu produk melibatkan iterasi yang panjang dan berulang-ulang (Yamin 2008:50). Pada penelitian ini yaitu rancang bangun *boiler* pada industri tahu meliputi perancangan konstruksi *boiler* dengan standart ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), desain *boiler* pada *software* dan pembebanan struktur *boiler* yang dilakukan dengan beban yang diasumsikan sebagai obyek penelitian dengan menekankan pada subjek *displacement* dan *stress* pada konstruksi *boiler* menggunakan *software* CATIA V5.

Objek dari penelitian ini adalah hasil pengujian struktur konstruksi *boiler* yang kemudian akan diketahui tingkat *displacement* dan *stress*, yang ditunjukkan dengan distribusi tegangan pada struktur *boiler* yang ditampilkan dalam kontur warna pada geometri struktur *boiler* dan angka-angka yang menunjukkan besarnya tegangan pada tiap-tiap elemen.

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan melakukan pengujian desain atau analisis statis desain *boiler* dengan menggunakan *software* CATIA V5. Analisis statis desain *boiler* menunjukkan hasil pembebanan yaitu *displacement* dan *stresses* pada konstruksi *boiler*, selanjutnya akan mendapatkan data rancang bangun *boiler* yang sesuai untuk digunakan pada industri tahu.

Sebagaimana bentuk penelitian ini maka teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, artinya angka yang di tunjukan sebagai hasil pengukuran dan hasil pengujian komponen dipaparkan dan di deskriptifkan secara jelas dan digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat rancangan

(Widyatama 2013: 3). Data yang dianalisis adalah data dari analisis statis desain boiler dengan menggunakan software CATIA V5, yang berupa *displacement dan stresses*. Bentuk hasil analisis data ini akan menunjukkan kelemahan dan kelebihan dari rancangan yang telah dilakukan. Analisis data yang dilakukan akan mendapatkan rancangan bangun boiler yang sesuai dengan standart perancangan ASME dan juga kebutuhan industri tahu, sehingga menjadikan rancangan tersebut dapat diwujudkan dalam bentuk fisik atau siap diproduksi. Teknik analisis data yang digunakan

adalah analisis deskriptif, yaitu angka-angka yang ditunjukkan pada hasil analisis statis desain boiler dipaparkan dan dideskripsikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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:

- a. Tipe boiler : *Vertical fire tube boiler*
- b. Kapasitas uap : 300 kg/jam
- c. Diameter dalam : 750 mm (29,5 inchi)
- d. Diameter pipa api: 76,2 mm(3 inchi)
- e. Tekanan *Internal* : 6 bar
- f. Jenis uap : Uap jenuh
- g. Temperatur operasi : 100 °C – 150 °C
- h. Tekanan operasi : 2 bar
- i. Bahan bakar : kayu
- j. Konsumsi bahan bakar : 45 kg/jam
- k. Volume air maksimal : 327,23 Liter
- l. Volume ruang uap : 130,9 Liter

Material dan data yang digunakan yaitu:

Material SA 285 Grade C :

- $S = \text{Maximum Allowable stress value} = 11 \text{ ksi} = 11000 \text{ lb/in}^2$
(ASME Section IV 2004: 73)

- $E = \text{Joint coefficient} = 85\% = 0,85$
(ASME Section IV 2004: 86)

Material SA 53 Grade B :

- $S = \text{Maximum Allowable stress value} = 12 \text{ ksi} = 12000 \text{ lb/in}^2$
Yield strength = 242 Mpa
(ASME Section IV 2004: 73)

- $E = \text{Joint coefficient} = 85\% = 0,85$
(ASME Section IV 2004: 86)



Gambar 1. *Vertical firetube boiler*

Perancangan ini akan memberikan ukuran-ukuran pasti tentang dimensi, penggunaan bahan dan tata letak komponen *boiler* sehingga kebutuhan data untuk melakukan analisis statis akan dapat dilakukan dengan baik, dan nantinya

dapat diwujudkan dalam bentuk fisik atau diproduksi.

Dari hasil uji yang telah dilakukan didapatkan pertimbangan-pertimbangan sebagai alasan bahwa desain konstruksi *boiler* yang telah dibuat aman untuk digunakan. Dilihat dari segi konstruksi, bahwa desain *boiler* memiliki konstruksi yang sederhana. Hal ini berpengaruh pada proses pembuatan yaitu jika konstruksi lebih rumit maka proses pembuatan *boiler* relatif lebih sulit serta membutuhkan waktu yang cukup lama. Tetapi jika konstruksi yang sederhana maka pembuatan *boiler* akan relatif lebih mudah serta waktu pengerjaan lebih cepat. Adapun spesifikasi bahan yang digunakan dalam proses pembuatan konstruksi *vertical firetube boiler* adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Bahan konstruksi *boiler*

No	Bagian	Jenis Bahan	Ukuran	
			Diameter mm (in)	Tebal mm (in)
1.	Badan <i>Boiler</i>	Plat SA 285 Grade C	750 (29,5) Inside	5 (0,19)
2.	<i>Tubesheet</i>	Plat SA 285 Grade C	750 (29,5)	6 (0,24)
3.	<i>Firetube</i> / pipa api	Pipa SA 53 Grade B	76,2 (3) Outside	1,52 (0,06)
4.	Nozel (Main steam, Blow down)	Pipa SA 53 Grade B	50,8 (2) Outside	1,25 (0,049)
5.	Nozel (Safety valve, Manometer, Thermometer, Water level)	Pipa SA 53 Grade B	25,4 (1) Outside	1,12 (0,044)
6.	Dapur	Plat SA 285 Grade C	750 (29,5) Inside	5 (0,19)
7.	Cover	Plat SA 285 Grade C	750 (29,5) Inside max	5 (0,19)

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa spesifikasi bahan konstruksi desain *vertical firetube boiler* adalah sederhana, tapi dalam pengoperasiannya nanti akan tetap aman karena telah sesuai dengan standart perancangan *boiler*

yaitu ASME (*American Society of Mechanical Engineers*).

Setelah dilakukan analisis menggunakan software CATIA V5, maka dapat diketahui bahwa tegangan maksimal pada struktur setelah diberikan *load*.

Tabel 2. Hasil analisis

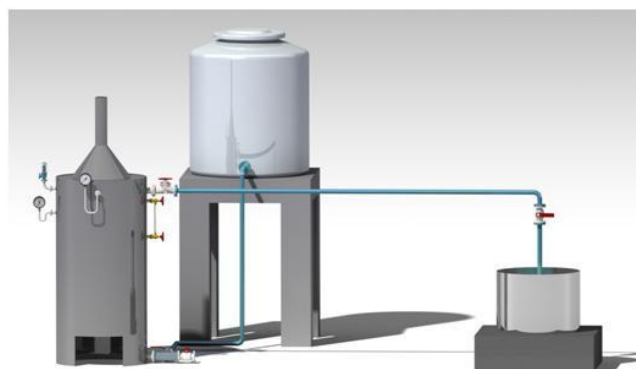
Karakteristik	Hasil Analisis
Tegangan Von mises Max	2,92 $2,92 \times 10^8$ N/m ²
Tegangan Von mises Min	198 N/m ²
Displacement Max	1,47 mm
Displacement Min	0 mm

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa tegangan maksimal pada desain *boiler* adalah sebesar $2,92 \times 10^8$ N/m². Tegangan maksimal ini masih dibawah dari tegangan yang diijinkan sesuai material yang digunakan, yaitu tegangan maksimal material SA 285 Grade C sebesar $4,15 \times 10^8$ N/m² (ASME Section II 2010: 536).

Angka keamanan pada desain boiler dengan tegangan maksimal adalah 1,42. Variabel yang digunakan untuk mewakili strength adalah tensile strength. Namun untuk standar keamanan yang lebih tinggi maka acuan yang digunakan adalah fatigue limit, meskipun tegangan yang terjadi dibawah harga tensile strength, namun material masih berada pada daerah deformasi elastis. Hal ini dikarenakan kontruksi boiler mendapatkan beban, tekanan dan juga temperatur kerja.

Instrumen-instrumen *boiler* digunakan untuk mendukung rancangan. Pertama manometer, berfungsi sebagai alat untuk menunjukkan besarnya tekanan uap didalam *boiler*. Manometer yang digunakan adalah jenis

bourdon. Kedua thermometer, berfungsi untuk mengukur temperatur yang beroperasi di dalam *boiler*. Ketiga *water level gauge*, pada pengoperasian *boiler* sebagai peralatan utamanya harus ada alat pengukur ketinggian air (*water level gauge*). Level air harus dijaga agar tetap berada pada standart level air, untuk itu harus dapat mengetahui tentang level air secara benar. Keempat *safety valve*, berfungsi sebagai pengaman yang akan bekerja bila terdapat tekanan lebih pada ketel uap atau tekanan pada ketel uap melebihi batas tekanan yang diijinkan. Kelima katub *main steam*, berfungsi sebagai pembuka dan penutup jalur utama steam yang akan digunakan untuk proses produksi tahu. Keenam *Blowdown valve*, berfungsi untuk membuang air maupun kotoran yang ada di dalam *boiler*. Air dalam *boiler* akan menjadi kondensat dan di dalamnya juga terdapat padatan-padatan dan dapat menjadi kerak. *Blowdown valve* ini juga digunakan untuk memasukkan air pengisian.



Gambar 2. Instalasi Boiler

SIMPULAN

1. Hasil perancangan kontruksi *boiler* jenis *Vertical fire tube boiler* dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a. Kapasitas uap : 300 kg/jam
- b. Jenis uap : Uap jenuh
- c. Temperatur operasi : 100 °C – 150 °C
- d. Tekanan *Internal* : 6 bar

- e. Tekanan operasi : 2 bar
- f. Bahan bakar : kayu
- g. Volume air maksimal: 327 Liter
- h. Massa boiler : 239,298 Kg
- i. Dimensi boiler
 - 1. Diameter boiler: 757 mm
 - 2. Tinggi boiler : 2200 mm
 - 3. Diameter firetube: 68 mm
 - 4. Jumlah firetube: 21
- 2. Hasil perhitungan kontruksi boiler dengan standart perancangan ASME didapatkan data sebagai berikut :
 - a. Badan boiler : Ø 750 mm, tinggi 1550 mm, tebal 3,5 mm bahan plat SA 285 Grade C
 - b. Firetube (pipa api) : Ø 68 mm, tinggi 1100 mm, tebal 1,4 mm bahan pipa SA 53 Grade B
 - c. Tubesheet atas : Ø 750 mm, tebal 6 mm bahan plat SA 285 Grade C
 - d. Tubesheet bawah : Ø 670 mm, tebal 6 mm bahan plat SA 285 Grade C
 - e. Pipa nosel mainsteam : Ø 50,8 mm, tinggi 13 mm, tebal 1,24 mm bahan pipa SA 53 Grade B
 - f. Pipa nosel blowdown : Ø 50,8 mm, tinggi 13 mm, tebal 1,24 mm bahan pipa SA 53 Grade B
 - g. Pipa nosel waterlevel : Ø 25,4 mm, tinggi 13 mm, tebal 1,1 mm bahan pipa SA 53 Grade B
 - h. Pipa nosel safety valve : Ø 25,4 mm, tinggi 13 mm, tebal 1,1 mm bahan pipa SA 53 Grade B
 - i. Pipa nosel thermometer : Ø 25,4 mm, tinggi 13 mm, tebal 1,1 mm bahan pipa SA 53 Grade B
 - j. Pipa nosel manometer : Ø 25,4 mm, tinggi 13 mm, tebal 1,1 mm bahan pipa SA 53 Grade B
- k. Efisiensi ligament : 43%
- 1. Joint Coefficient: 85 % (Double welding)
Dari data diatas maka kontruksi boiler aman untuk digunakan pada industri tahu.
- 3. Hasil analisis statis kontruksi boiler menggunakan software CATIA V5 didapatkan data sebagai berikut :
 - a. Tegangan Von mises maksimal: 2,92 x 10⁸ N/m²
 - b. Tegangan Von mises minimal : 198 N/m²
 - c. Displacement maksimal : 1,47 mm
 - d. Displacement minimal : 0 mm
 - e. Safety factor value : 1,42

DAFTAR PUSTAKA

- ASME. 2004. *Boiler & Pressure Vessel Code IV, Rules For Contruction fo Heating Boiler*. New York : Three Park Avenue
- ASME. 2010. *Boiler & Pressure Vessel Code II, Properties (Metric) Materials*. New York : Three Park Avenue
- 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
- Widyatama. 2013. *Perancangan Rear Part Mobil Listrik Menggunakan Software 3D Siemens NX8*. Automotive Science and Education Journal, Volume 2 No. 1.
- Yamin M. 2008. *Analisis Tegangan pada Rangka Mobil Boogie*. Depok : Proceeding, Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelijen Universitas Gunadarma