



## Pengaruh Tekanan dan Temperatur Terhadap Rancangan Konstruksi Boiler Sederhana Menggunakan Solidwork 2019

### *The Effect of Pressure and Temperature on Simple Boiler Construction Design Using Solidwork 2019*

Wisnaningsih<sup>1✉</sup>, Muh Thohirin<sup>2</sup>, M. Yunus<sup>3</sup>, Ahmad Afif Fauzi<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Lampung, Indonesia

✉Corresponding Address: wisnningsih1968@gmail.com

#### Article Info

##### Article history:

Received: Nov 17<sup>th</sup>, 2023

Accepted: Dec 27<sup>th</sup>, 2023

Published: Dec 31<sup>st</sup>, 2023

##### Keywords:

Kelapa Sawit; Rancangan Konstruksi Boiler; Suhu; Temperatur; Solidwork 2019

#### Abstrak

Untuk merebus tandan buah segar (TBS), tahapan yang pertama adalah proses perebusan atau sterilisasi yang dilakukan dalam bejana bertekanan (sterilizer) dengan menggunakan uap air jenuh (saturated steam). Tahap pertama sebelum menentukan model boiler untuk sterilizer kelapa sawit mini adalah mencari parameter rebusan kelapa sawit yang sudah beroperasi. Parameter yang diketahui pada rebusan kelapa sawit diantaranya adalah waktu pemanasan boiler 45 menit, suhu panas pada boiler sebesar 280 derajat celcius, suhu panas pada sterilizer sebesar 135 derajat celcius, tekanan maksimal pada sterilizer sebesar 3 bar, waktu perebusan kelapa sawit 90-120 menit, berat kelapa sawit yang direbus 30 ton. Analisis menggunakan metode taguchi untuk mengetahui yang paling berpengaruh antara pengaruh suhu dengan pressure terhadap konstruksi boiler setelah dilakukan simulasi menunjukkan bahwa pengujian level pertama pada *pressure* memiliki nilai 4,422 dan pada *temperature* memiliki nilai 4,762. Sedangkan untuk level kedua memiliki nilai *pressure* 4,427 dan *temperature* e 4,422. Pengujian level ketiga memiliki nilai *pressure* 4,434 dan *temperature* 4,099. Nilai delta pada *pressure* sebesar 0,012 dan *temperature* 0,663 dan nilai rank pada *pressure* 2 sedangkan pada *temperature* 1. Sehingga dapat diketahui bahwa yang paling memiliki pengaruh besar terhadap konstruksi boiler adalah temperature dengan nilai 2,311. Variasi yang paling baik adalah yang memiliki pengaruh kritis yang paling rendah yaitu pada variasi tekanan 4 bar dan temperatur 140 derajat celcius.

#### Abstract

To boil fresh fruit bunches (FFB), the first stage is the boiling or sterilization process which is carried out in a pressure vessel (sterilizer) using saturated steam. The first step before determining the boiler model for the mini palm oil sterilizer is to look for the parameters of the palm oil boil that is already in operation. The known parameters for boiling palm oil include the boiler heating time of 45 minutes, the hot temperature in the boiler is 280 degrees Celsius, the hot temperature in the sterilizer is 135 degrees Celsius, the maximum pressure in the sterilizer is 3 bar, the boiling time for palm oil is 90-120 minutes, the weight of boiled palm oil is 30 tons. Analysis using the Taguchi method to find out the most influential influence between temperature and pressure on boiler construction after simulation shows that the first level test for pressure has a value of 4.422 and for temperature it has a value of 4.762. Meanwhile, the second level has a pressure value of 4.427 and temperature e 4.422. The third level test has a pressure value of 4.434 and a temperature of 4.099. The delta value at pressure is 0.012 and temperature is 0.663 and the rank value at pressure is 2 while at temperature 1. So it can be

---

*seen that the one that has the greatest influence on boiler construction is temperature with a value of 2.311. The best variation is the one that has the lowest critical influence namely at a pressure variation of 4 bar and a temperature of 140 degrees Celsius.*

---

## PENDAHULUAN

Untuk merebus tandan buah segar (TBS) tahapan untuk mengelola TBS yang pertama adalah proses perebusan atau sterilisasi yang dilakukan dalam bejana bertekanan (sterilizer) dengan menggunakan uap air jenuh (*saturated steam*)[1]. Penggunaan uap jenuh memungkinkan terjadinya proses hidrolisa atau penguapan terhadap air di dalam buah, jika menggunakan uap kering akan dapat menyebabkan kulit buah hangus sehingga menghambat penguapan air dalam daging buah dan dapat juga mempersulit proses pengempaan[2]. Oleh karena itu, pengontrolan kualitas uap yang dijadikan sebagai sumber panas perebusan menjadi sangat penting agar diperoleh hasil perebusan yang sempurna. Media pemanas yang di pergunakan adalah uap basah yang berasal dari sisa pembuangan turbin uap yang bertekanan  $\pm 3 \text{ kg/cm}^2$  dan temperatur  $132,88^\circ\text{C}$ . Bila temperatur yang digunakan diatas  $132,88^\circ\text{C}$  saat perebusan akan mengakibatkan buah menjadi hangus atau kegosongan sehingga kualitas minyak CPO rusak dan bila menggunakan suhu dibawah  $132,88^\circ\text{C}$  saat perebusan akan mengakibatkan enzim-enzim pada buah tidak mati dan masih banyak mengandung kadar air.

PT. Nusa Pusaka Kencana (2012), melakukan penelitian tentang perebusan dilakukan dengan mengalirkan steam dengan tekanan yang berbeda-beda yang sesuai dengan sistem puncak yang digunakan, yang mana semakin tinggi tekanan, maka akan semakin banyak uap panas (steam) yang digunakan. Perebusan yang terlalu lama juga akan menyebabkan kehilangan minyak yang cukup tinggi. jika proses terlalu singkat, maka buah akan menjadi kurang lunak sehingga mengalami kesulitan pada saat penebahan. Jadi proses perebusan ini berfungsi untuk menyiapkan tandan buah

segar (TBS) untuk diolah lebih lanjut pada unit pengolahan kelapa sawit selanjutnya. Perebusan melunakkan buah sehingga daging buah mudah lepas dari biji sewaktu diaduk dalam bejana peremas. Pada perebusan terjadi pengeringan pendahuluan dari biji dan inti mulai lekang dari biji. Didalam proses perebusan juga terjadi kehilangan minyak atau sering disebut dengan “*losses*” dan tidak dapat dihindari dari setiap stasiun pengolahan.

Denny Wiyono (2013) melakukan penelitian pemakaian pembangkit tenaga uap dalam pabrik minyak sawit masih merupakan alternative yang menguntungkan untuk digunakan, oleh karena itu dituntut pengetahuan yang mendalam mengenai berbagai hal yang berhubungan dengan sistem pembangkit tenaga uap[3]. Ketel uap (Boiler) merupakan salah satu bagian pembangkit tenaga uap. Alat ini berfungsi untuk mengubah energi kimia dari bahan bakar dan oksigen menjadi energi panas yang kemudian akan dipindahkan ke fluida kerja (air) agar berubah menjadi uap[4]. Dalam pabrik kelapa sawit, uap yang dihasilkan oleh ketel uap ini akan dipergunakan sebagai penggerak turbin uap untuk menghasilkan energi listrik dan untuk keperluan pengolahan kelapa sawit. Kebutuhan akan uap merupakan masalah penting dalam proses pengolahan kelapa sawit. Hampir setiap proses dalam pengolahan kelapa sawit menggunakan uap baik itu sebagai media pemanas, penggerak atau sterilisasi.

Dalam pengolahan kelapa sawit, kebutuhan akan uap tidak boleh kurang dari standar pengolahan kelapa sawit yang telah ditetapkan. Jika hal ini terjadi, maka akan berakibat fatal pada alat yang digunakan untuk pengolahan maupun pada hasil pengolahan [5]. Ketel uap merupakan suatu alat konversi energi yang berfungsi untuk mengubah energi kimia dari bahan bakar dan oksigen menjadi energi termal atau panas yang dihasilkan di dalam ruang bakar yang

kemudian energi termal tersebut dipindahkan ke fluida kerja (air) untuk di ubah fasenya dari fase cair menjadi fase uap dengan tekanan dan temperatur tertentu. Sebagai salah satu alat konversi yang dapat memproduksi uap, dimana uap tersebut digunakan sebagai fluida kerja untuk menggerakkan mesin uap seperti turbin dan dapat juga digunakan untuk keperluan industri (industri pengolahan kelapa sawit, industri kertas, industri gula), sehingga ketel uap merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik.

Santoso (2021) mengatakan boiler adalah salah satu alat konversi energi yang merubah air menjadi uap, yang terjadi karena adanya pemanasan secara terus menerus. Uap yang dihasilkan tersebut bisa digunakan untuk semua peralatan yang membutuhkan uap pada pabrik kelapa sawit (PKS)[6], terutama turbin pembangkit tenaga listrik. Selain itu, peralatan lainnya adalah *sterilizer*, stasiun pressing, stasiun kernel *recovery* dan stasiun clarification. Kualitas dan jumlah uap yang dihasilkan harus berdasarkan kebutuhannya, karena apabila tidak tercapai maka akan mengganggu proses pengolahan di PKS tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan simulasi menggunakan solidworks untuk

mengetahui kekuatan pada material baja karbon rendah AISI 1010 dengan ketebalan plat 9 mm yang akan digunakan untuk rebusan kelapa sawit berkapasitas 200 Kg/Jam.

## METODE

### *Pemodelan Boiler*

Tahap pertama, sebelum menentukan model boiler untuk sterilizer kelapa sawit mini adalah mencari parameter rebusan kelapa sawit yang sudah beroperasi. Parameter yang diketahui pada rebusan kelapa sawit diantaranya adalah waktu pemanasan boiler 45 menit, suhu panas pada boiler sebesar 2800c, suhu panas pada sterilizer sebesar 1350c, tekanan maksimal pada sterilizer sebesar 3 bar, waktu perebusan kelapa sawit 90-120 menit, berat kelapa sawit yang direbus 30 ton.

Setelah mengetahui parameter yang dibutuhkan selanjutnya menentukan model rebusan kelapa sawit yang akan dibuat. Pada tahap ini komponen dapat di golongkan menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah tungku pemanas pada boiler, bagian kedua adalah bolidernya. Parameter yang digunakan pada pemodelan ada pada tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter Geometri Rebusan

Parameter & Symbol	Satuan	Nilai
Panjang Rebusan ( <i>L</i> )	mm	1200
Radius <i>shell</i> (®)	mm	250
Tebal <i>shell</i> ( <i>t</i> )	mm	3
Panjang boiler ( <i>L</i> )	mm	120

### *Desain Konstruksi Boiler*

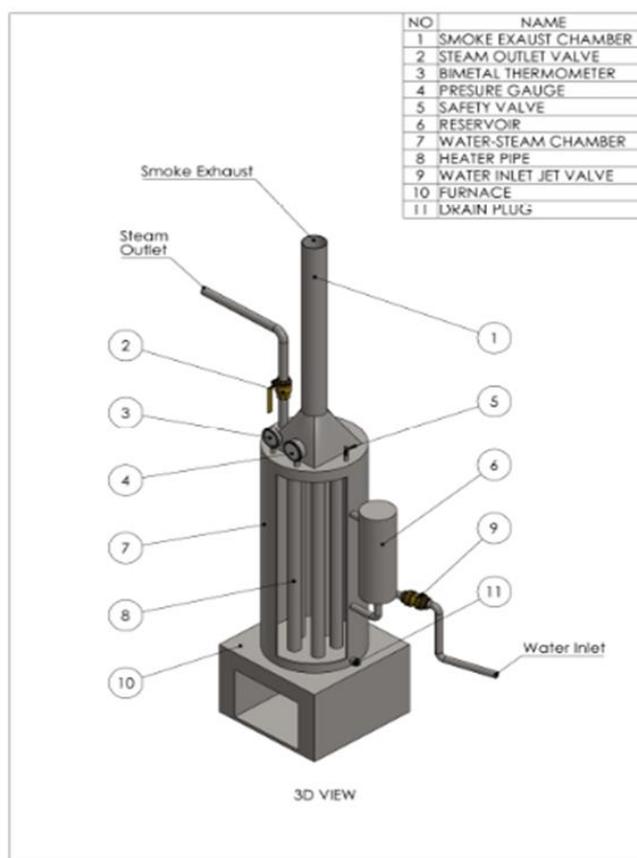
Desain boiler yang akan dibuat berbentuk selinder dan berdiri tegak dengan berdiri diatas tungku, supaya panas dari api dapat terserap sempurna oleh boiler maka didalamnya diberi pipa. Jumlah ipa pada bagian dalam boiler sebanyak 5 pipa (8) dengan diameter 3 inc, pipa ini akan dilewati api yang dinyalakan dibagian tungku dan keluar pada bagian cerobong (1).

Untuk air yang berada didalam boiler masuk melewati pipa intek, pipa intek

memiliki diameter ½ inc. pada pipa dipasang *jet valve* yang berfungsi sebagai pengatur air satu arah, jadi air bisa masuk lewat pipa intek namun tidak dapat keluar melalui pipa intek. Uap yang dihasilkan dari boiler akan keluar melewati pipa *steam outlet* (2) dan diteruskan ke *sterilizer*. Pipa outlet ini memiliki diameter ½ inc dan memiliki stop kran sebagi pengatur uap keluarnya. Uap pada boiler direncanakan mencapai tekanan 9 Bar, tekanan yang cukup besar ini akan berbahaya jika tidak di lengkapi sistem

pengaman. Sistem pengaman yang digunakan menggunakan *system safety valve* (5). *Safety valve* akan bekerja jika *valve* mendapat tekanan yang tinggi maka *valve* akan membuka dan membuang uap didalam boiler sehingga boiler tetap dalam tekanan yang diizinkan. Tekanan uap dapat diketahui melalui *pressure gauge* (4), *pressure gauge*

ini berfungsi sebagai indikator tekanan pada boiler. Sedangkan indikator panas menggunakan *thermometer* (3). *Reservoir* akan ditempatkan pada bagian samping *boiler*, *reservoir* ini berfungsi sebagai indikator jumlah air. Desain boiler 3D dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain Konstruksi Boiler

**Analisis Data**

Pada perancangan boiler kapasitas 200 kg ini, akan dianalisis menggunakan

*software solidworks* 2019. Untuk mengetahui data maka akan dianalisis menggunakan *software minitab*. Desain taguchi dari penelien ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Perlakuan Pada Boiler

No	Pressure (Bar)	Temperature (°C)	Stress	Displacement	Strain
1	4	140	-	-	-
2	4	150	-	-	-
3	4	160	-	-	-
4	5	140	-	-	-
5	5	150	-	-	-
6	5	160	-	-	-
7	6	140	-	-	-
8	6	150	-	-	-
9	6	160	-	-	-

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Menggunakan Taguchi**

Analisis menggunakan metode taguchi untuk mengetahui yang paling berpengaruh

antara pengaruh suhu dengan *pressure* terhadap konstruksi boiler setelah dilakukan simulasi.

**Tabel 3.** Respon untuk Nominal *Signal to Noise Ratio* adalah yang terbaik ( $10 \cdot \text{Log} (\bar{Y}^2 / s^2)$ ).

Level	Pressure	Temperature
1	4,422	4,762
2	4,427	4,422
3	4,434	4,099
<b>Delta</b>	<b>0,012</b>	<b>0,663</b>
<b>Rank</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Table 3 menunjukkan bahwa pengujian level pertama pada pressure memiliki nilai 4,422 dan pada temperature memiliki nilai 4,762. Sedangkan untuk level kedua memiliki nilai *pressure* 4,427 dan temperature 4,422. Pengujian level ketiga memiliki nilai *pressure* 4,434 dan temperature 4,099. Nilai

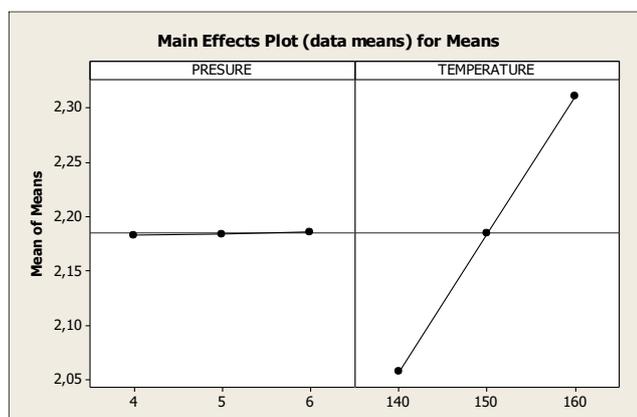
delta pada *pressure* sebesar 0,012 dan temperature 0,663 dan nilai rank pada pressure 2 sedangkan pada temperature 1. Sehingga dapat diketahui bahwa yang paling memiliki pengaruh besar terhadap konstruksi boiler adalah temperature.

**Tabel 4.** Respon untuk *Means*

Level	Pressure	Temperature
1	2,184	2,059
2	2,185	2,185
3	2,186	2,311
Delta	0,003	0,252
Rank	2	1

Tabel 4 Menunjukkan bahwa pada pengujian level 1 mendapatkan nilai *pressure* 2,184 dan temperature 2,059. Pengujian kedua dengan level 2 nilai *pressure*nya mendapatkan 2,185 dan temperaturenya 2,185. Sedangkan pada level ketiga nilai

*pressure*nya mendapatkan sebesar 2,186 dan temperaturenya 2,311. Hasil table respon untuk *means* dapat disimpulkan bahwasannya temperature memiliki tingkat yang paling tinggi terhadap pengaruh konstruksi boiler.



**Gambar 2.** Nilai Rata-rata Efek Perlakuan

## SIMPULAN DAN SARAN

2, pp. 7–13, 2017.

Setelah dilakukan penelitian tentang pengaruh tekanan dan temperature terhadap rancangan konstruksi boiler sederhana menggunakan solidwork 2019 dapat diketahui bahwa: Pengaruh yang paling besar terhadap konstruksi boiler disebabkan oleh temperature dengan nilai 2,311. Variasi yang paling baik adalah yang memiliki pengaruh kritis yang paling rendah yaitu pada variasi tekanan 4 bar dan temperatur 140°C.

Berdasarkan kesimpulan di atas, perlu dilakukan penelitian pada sambungan cerobong dengan tutup boiler secara mendalam. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan lebih banyak memvariasikan perlakuan pada pengujiannya.

## REFERENSI

- [1] B. Santoso *et al.*, “Perhitungan Debit Uap Boiler dan Ketercapaian Kebutuhan Uap Pabrik Kapasitas 45 Ton/Jam,” *J. Citra Widya Edukasi Vol XI*, vol. XI, no. 1, pp. 143–150, 2019.
- [2] B. S. Yudho, H. Hikmarika, and S. Dwijayanti, “Aplikasi Perbandingan Pengendali P, PI, Dan PID Pada Proses Pengendalian Suhu Dalam Sistem Mini Boiler,” *J. Amplif.*, vol. 3, no. 2, pp. 12–18, 2013.
- [3] D. Wiyono, “Analisis Pemenuhan Kebutuhan Uap PMS Parindu PTP Nusantara XIII ( PERSERO ),” vol. 9, no. 1, pp. 11–20, 2013.
- [4] Imam, “Kajian Sifat Fisik Tandan Buah Sawit (Tbs) Hasil Perebusan Di Pt Bio Nusantara Teknologi Bengkulu,” *J. Agroindustri*, vol. Vol. 7 No., pp. 99–100, 2017.
- [5] Y. Damayanti, A. D. Lesmono, and T. Prihandono, “Kajian Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak Goreng sebagai Rancangan Bahan,” *J. Pembelajaran Fis.*, vol. 7, no. 3, pp. 307–314, 2018.
- [6] A. Aswan, E. Sulsilowati, and Juriwon, “Analisis Energi Boiler Pipa Air Menggunakan Bahan Bakar Solar,” *J. Has. Penelit. dan Ulas. Ilm.*, vol. 8, no.