

PENGARUH TEKANAN UAP SAAT PROSES PEREBUSAN TERHADAP TANDAN BUAH SEGAR DAN DINDING STERILIZER

Reynold Lumbantoruan

Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar

Jhon Supriadi Purba

Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar

e-mail:renoldlumbantoruan@gmail.com

ABSTRAK

Sterilizer merupakan salah satu komponen penting dalam pabrik kelapa sawit untuk melakukan proses perebusan atau sterilisasi tandan buah segar (TBS) menggunakan uap bertekanan pada suhu dan tekanan tertentu. Proses ini bertujuan untuk menghentikan aktivitas enzim lipase yang dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas, mempermudah pelepasan brondolan dari tandan, serta melunakkan jaringan buah agar proses pengolahan selanjutnya menjadi lebih efisien. Tekanan uap merupakan parameter operasional yang sangat berpengaruh dalam proses sterilisasi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Variasi tekanan uap tidak hanya menentukan efektivitas inaktivasi enzim dan pelepasan brondolan, tetapi juga berimplikasi langsung terhadap tegangan mekanik yang diterima oleh dinding sterilizer. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tekanan uap terhadap karakteristik fisik TBS serta distribusi tegangan pada dinding sterilizer selama proses sterilisasi dan perhitungan tegangan dinding sterilizer berdasarkan teori bejana tekan.

Kata Kunci : sterilizer, tandan buah segar(TBS) dan tekanan uap

ABSTRACT

The sterilizer is one of the essential components in a palm oil mill used to carry out the boiling or sterilization process of fresh fruit bunches (FFB) using pressurized steam at specific temperature and pressure conditions. This process aims to inhibit the activity of lipase enzymes that can increase free fatty acid content, facilitate the detachment of fruits from the bunch, and soften fruit tissues to improve the efficiency of subsequent processing stages. Steam pressure is a critical operational parameter that significantly influences the sterilization process of oil palm fresh fruit bunches. Variations in steam pressure not only determine the effectiveness of enzyme inactivation and fruit detachment but also have direct implications for the mechanical stresses experienced by the sterilizer wall. This study aims to analyze the effect of steam pressure on the physical characteristics of FFB as well as the stress distribution on the sterilizer wall during the sterilization process, including the calculation of sterilizer wall stress based on pressure vessel theory.

Keywords : Sterilizer, Fresh Fruit Bunches (FFB), and Steam Pressure

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) berasal dari daerah tropis di Afrika barat. Keberadaan kelapa sawit di Indonesia bermula dari tahun 1848 yaitu dengan dibawanya dua bibit kelapa sawit dari daerah Mauritius dan dua lainnya dari Hortus Botanicus (Belanda) oleh pemerintah Hindia Belanda yang kemudian ditanam sebagai tanaman hias di Kebun Raya Bogor(Agung nugroho,2019)Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor strategis di Indonesia yang berkontribusi besar terhadap perekonomian nasional melalui ekspor Crude Palm Oil (CPO). Dalam pengolahan buah kelapa sawit untuk menghasilkan CPO (Crude Palm Oil) tentu banyak alur proses yang dilalui, untuk menghasilkan CPO harus melewati stasiun, yaitu loading ramp, perebusan, thresher, digester, press, pemurnian dan kernel. Sterilizer merupakan suatu bejana uap yang bertekanan, fungsinya merebus Tandan Buah Segar (TBS) dengan memakai media pemanas. Media tersebut adalah uap basah yang berasal dari sisa pembuangan turbin uap yang bertekanan ± 3 kg/cm² dan temperature $\pm 145^{\circ}\text{C}$ (Baldani dan Ta'ali,2020).

Produksi minyak kelapa sawit pada stasiun sterilizer dipengaruhi oleh tekanan yang digunakan. Penurunan kualitas minyak yang dihasilkan diperoleh dari tekanan pada sterilizer rendah. Tekanan rendah akan mengakibatkan uap panas tidak dapat melunakkan buah sawit. Buah sawit hasil keluaran dari stasiun sterilizer akan diteruskan ke

stasiun thresher. Buah sawit menggunakan tekanan uap 2,8 kg/cm² untuk menghasilkan buah sawit lunak (Hikmawan dan Angelina, 2019).Tekanan uap pada sterilizer memegang peranan sangat penting karena berkaitan langsung dengan temperatur dan distribusi panas selama proses sterilisasi. Tekanan uap yang sesuai akan menghasilkan pemanasan yang merata hingga ke bagian terdalam tandan buah, sehingga proses sterilisasi dapat berlangsung secara optimal. Umumnya, sterilizer beroperasi pada tekanan uap tertentu agar mutu CPO tetap terjaga dan proses produksi berjalan efisien.Namun dalam praktiknya, pengendalian tekanan uap sering menghadapi berbagai kendala, baik yang berasal dari sistem boiler, distribusi uap, maupun kesalahan pengoperasian. Ketidaksesuaian tekanan uap dapat berdampak pada kualitas CPO, seperti meningkatnya kadar Asam Lemak Bebas (ALB), serta menurunnya efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, pengendalian tekanan uap pada sterilizer menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan secara serius di pabrik kelapa sawit.

Stasiun perebusan adalah stasiun inti dari pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Stasiun perebusan atau sering disebut dengan Sterilizer stasion merupakan proses yang sangat menentukan untuk mendapatkan minyak sawit mentah / crude palm oil (CPO) yang baik dengan kualitas

rendemen yang tinggi. Faktor yang mempengaruhi kesempurnaan proses perebusan adalah kondisi buah dan sistem perebusannya. Apabila dalam perebusan tidak memperhatikan tekanan, waktu dan temperature perebusan maka kehilangan minyak akan semakin besar(Sunanto dkk, 2021).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PTPN IV Regional II Dolok Sinumbah yang dilakukan mulai dari tanggal 06 Agustus S/d 30 September 2025. Penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan cara observasi lapangan dan wawancara langsung dengan karyawan untuk mengetahui proses perebusan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit di stasiun sterilizer pada PTPN IV Regional II Dolok Sinumbah. Penelitian kuantitatif adalah jenis penelitian yang menggunakan angka-angka untuk

mengumpulkan dan menganalisis data. Tujuannya untuk mengukur, membandingkan, atau melihat hubungan antara satu hal dengan hal lainnya secara jelas dan pasti.Dalam penelitian ini, data biasanya diperoleh dari kuesioner, hasil pengukuran, atau data statistik, lalu diolah menggunakan perhitungan atau rumus statistik.

Penelitian kuantitatif dilakukan secara sistematis dan terencana, sehingga hasilnya bersifat objektif dan bisa digeneralisasikan ke kelompok yang lebih luas. Metode yang digunakan dalam suatu analisa atau studi harus terstruktur dengan baik sehingga dapat dengan mudah menerangkan atau menjelaskan penelitian yang dilakukan(Jhon S Purba dkk,2024)

Berikut adalah tabel siklus tekanan, waktu dan suhu dengan sistem perebusan 3 puncak(triple peak)yang digunakan sebagai acuan penelitian:

NO	Proses	Tekanan (kg/cm ²)	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1	Charging in/dearation	0	1 - 5 menit	0
2	Building up	1-1,5 kg/cm ²	10 - 15 menit	100°C
3	Blow Down	0	6 - 8 menit	0
4	Building Up	2,5 kg/cm ²	10 - 15 menit	120°C
5	Blow Down	0	6 - 8 menit	0
6	Building Up	2,8 - 3 kg/cm ²	10 - 15 menit	130°C
7	Holding Time	2,8 - 3 kg/cm ²	30 menit	130°C
8	Blow Down	0	0	0
9	De-Charging	-	-	-

(Tabel 1,siklus tekanan,waktu dan suhu triple peak)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses sterilizer dilakukan untuk melunakkan buah, mencegah peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA), mempermudah pemisahan brondolan, dan mempersiapkan daging buah untuk ekstraksi minyak yang optimal. Keberhasilan sterilisasi bergantung terhadap tekanan uap untuk menentukan kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Pentingnya tekanan uap adalah untuk menjamin keberhasilan proses sterilisasi Tandan Buah Segar (TBS) sehingga kualitas dan kuantitas minyak sawit dapat tercapai secara optimal.

Sterilizer pada Pabrik Kelapa Sawit merupakan peralatan utama yang digunakan pada tahap awal pengolahan Tandan Buah Segar (TBS). Berdasarkan posisinya, mesin perebusan terdiri dari 2, yaitu horizontal dan vertikal. Sterilizer horizontal adalah jenis yang paling umum digunakan di PKS konvensional. Alat ini berbentuk silinder dengan posisi mendatar dan bekerja secara batch. TBS dimasukkan ke dalam sterilizer menggunakan lori atau cage, kemudian dipanaskan dengan uap bertekanan selama waktu tertentu. Jenis ini mudah dioperasikan dan dirawat, namun membutuhkan waktu proses yang relatif lama serta konsumsi uap yang cukup besar.

Sterilizer tipe vertikal dirancang untuk beroperasi pada tekanan uap kerja sebesar 3,5 bar dengan kapasitas 25 ton tandan buah segar (TBS) dalam setiap siklus perebusan. Unit ini dilengkapi dengan pintu pengisian (charge) di bagian atas dan pintu pengeluaran (discharge) di bagian bawah, menggunakan sistem pintu kopling

(clutch door system) yang dilengkapi mekanisme buka-tutup serta penguncian lock ring berbasis hydraulic power pack (Mubarok, 2022). Sterilizer vertikal memiliki bentuk silinder yang berdiri tegak dan juga bekerja secara batch. Pada jenis ini, TBS tidak menggunakan lori, melainkan dimasukkan langsung ke dalam bejana sterilizer. Posisi vertikal memungkinkan distribusi uap lebih merata dan penggunaan ruang pabrik menjadi lebih efisien.

Sterilizer dengan tipe horizontal memiliki bentuk silinder dengan karakteristik horizontal dan dilengkapi dengan lori untuk alat transportasi pengangkutan TBS. Saturated Vapor digunakan sebagai fluida kerja dari sterilizer. Uap yang mengandung energi panas tersebut digunakan untuk merebus dan sterilisasi buah kelapa sawit. Sterilizer tipe horizontal memerlukan area yang lebih luas dibandingkan dengan tipe vertikal dengan kapasitas lebih besar dan juga biaya yang dikeluarkan akan lebih tinggi (Rafil dkk, 2023).

Sistem kerja sterilizer di PKS dolok sinumbah berkapasitas 30 ton/jam dengan 3 unit rebusan dengan 10 lori (2 unit diopersikan dan 1 unit standby siap operasi). Pada pipa inlet steam di bagian atas dalam ketel rebusan dipasang plate pembagi steam (steam distributor plate), alat perekam tekanan, temperatur dan waktu (Grafik rebusan) serta Dipasang manometer (yang dilengkapi pipa sifond) dan termometer. Pengoperasian sterilizer berkapasitas 30 ton/jam = 2 unit dengan siklus perebusan \leq 100 menit dengan Tekanan 2,8 s/d 3,0 kg/cm²

(1 kg/cm² 14,223 psi) dan temperatur 135 s/d 140°C.

PTPN IV Dolok Sinumbah menggunakan 3 buah sterilizer type horizontal yang berkapasitas 25 ton

tandan buah segar dengan muatan 9-10 lori untuk sekali rebusan dan membutuhkan sekitar 250 kg uap per 1 ton tandan buah segar dengan spesifikasi sterilisasi sebagai berikut

- Panjang 3 sterilizer= 23.500 mm
- Diameter dalam 3 sterilizer= 2.000 mm
- Jari jari pintu = 520 mm
- Tebal dinding = 10 mm



(Gambar 1 : Sterilizer)

PKS Dolok sinumbah menggunakan sistem perebusan 3 puncak (triple peak) dengan prosedur sebagai berikut:

1. Puncak-I (15 menit)

Menutup kran blow up dan membuka kran pemasukan uap (steam inlet) selama 13 menit untuk mencapai tekanan 2,3 kg/cm² (termasuk pembuangan udara pada awal pemasukan steam dengan tetap membuka kran kondensat selama 2 menit). Kemudian kran steam inlet ditutup. Kran pembuangan kondensat dibuka terlebih dahulu dan 1 menit kemudian kran steam outlet (blow up) dibuka dengan cepat untuk menurunkan tekanan menjadi 0 kg/cm². Kran kondensat dan kran steam outlet (blow up) ditutup kembali, kemudian kran steaminlet dibuka untuk puncak kedua.

2. Puncak-II (14 menit)

Operasionalnya sama dengan puncak satu, tetapi tanpa pembuangan udara. Tekanan puncak kedua adalah 2.5 kg/cm². Waktu yang diperlukan untuk menaikkan steam ±12 menit dan untuk pembuangan 2 menit. Kran

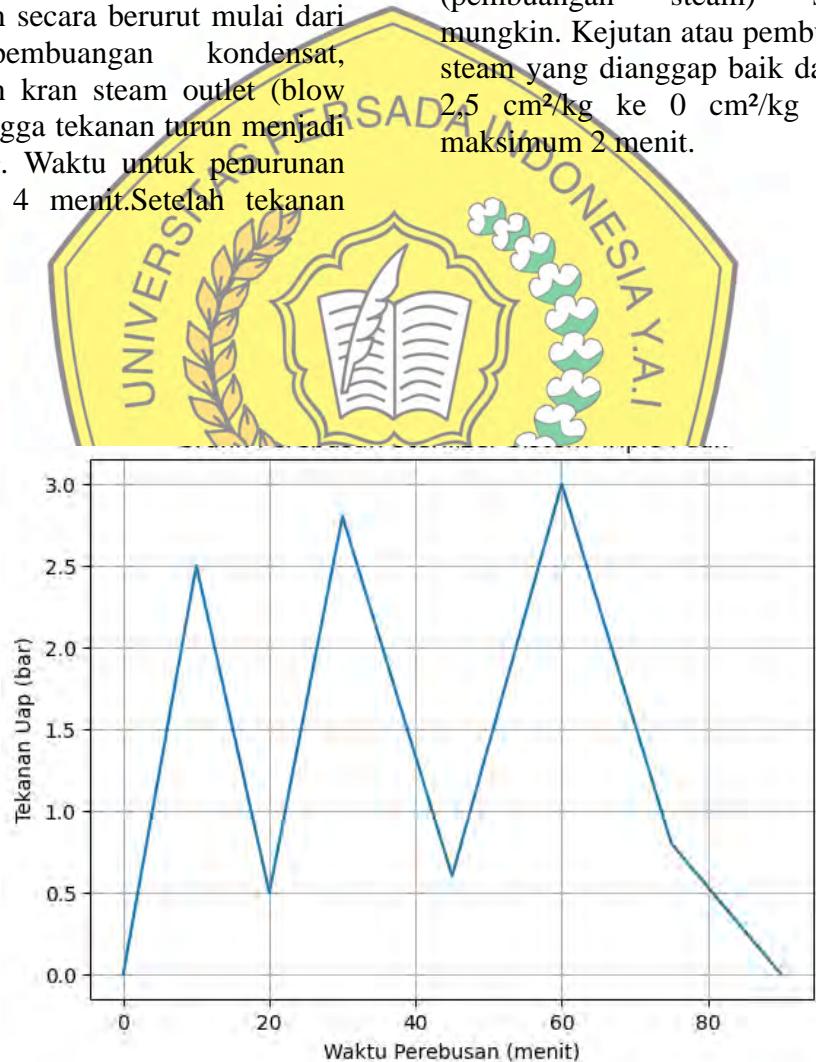
kondensat dan kran steam outlet (blow up) ditutup kembali, kemudian kran steam inlet dibuka untuk puncak ketiga

3. Puncak-III (63 menit)

Kran steam inlet dibuka penuh untuk mencapai tekanan 3.0 kg/cm^2 selama 14 menit. Puncak ketiga ditahan (holding time) selama 40-50 menit. Selama holding time dilakukan pembuangan kondensat sebanyak 3 kali sehingga tekanan menurun sampai 2.7 kg/cm^2 . Selesai holding time, pembukaan kran dilakukan secara berurut mulai dari kran pembuangan kondensat, kemudian kran steam outlet (blow up) sehingga tekanan turun menjadi 0 kg/cm^2 . Waktu untuk penurunan steam ± 4 menit. Setelah tekanan

dalam rebusan turun hingga 0 kg/cm^2 , kran kontrol steam di buka untuk memastikan tekanan dalam rebusan benar-benar sudah 0 kg/cm^2 .

Pembuangan udara dalam rebusan dilakukan sebelum puncak pertama dengan cara menutup kran steam outlet dan tetap membuka kran air kondensat pada saat steam dimasukkan ke rebusan. Kran air kondensat baru ditutup bila steam telah nampak keluar dari silencer. Pembuangan udara terjadi pada perebusan puncak-I dan ke-II dengan cara melakukan kejutan (pembuangan steam) secepat mungkin. Kejutan atau pembuangan steam yang dianggap baik dari $2.0-2.5 \text{ cm}^2/\text{kg}$ ke $0 \text{ cm}^2/\text{kg}$ adalah maksimum 2 menit.



(Grafik 1 : Triple Peak)

Produksi minyak kelapa sawit pada stasiun sterilizer dipengaruhi oleh tekanan yang digunakan. Penurunan kualitas minyak yang dihasilkan diperoleh dari tekanan pada sterilizer rendah. Tekanan rendah akan mengakibatkan uap panas tidak dapat melunakkan buah sawit. Buah sawit hasil keluaran dari stasiun sterilizer akan diteruskan ke stasiun thresher. Buah sawit menggunakan tekanan uap 2,8 kg/cm² untuk menghasilkan buah sawit lunak (Hikmawan dan Angelina, 2019). Tekanan uap memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas TBS. Tekanan uap yang terlalu rendah menyebabkan sterilisasi tidak efektif, sedangkan tekanan uap yang terlalu tinggi merusak struktur buah. Oleh karena itu, pengendalian tekanan uap pada kondisi optimal sangat penting untuk menjaga mutu TBS dan meningkatkan efisiensi produksi minyak sawit. Selama proses perebusan dinding sterilizer mengalami tegangan tangensial (σ_t) atau tegangan lingkar pada bejana yang dapat diketahui sebagai berikut :

$$\text{Tegangan tangensial: } \sigma_t = \frac{D \times P}{t}$$

Dimana:

σ_t = Tegangan tangensial

D = Diameter dalam sterilizer

t = Tebal dinding

P = Tekanan yang diterima oleh dinding sterilizer.

$$\text{Maka } \sigma_t = \frac{2 \times 0,034 \text{ N/m}^2}{0,01 \text{ m}}$$

$$= \frac{0,068 \text{ N/m}^2}{0,01 \text{ m}}$$

$$= 6,8 \text{ N/m}^2$$

KESIMPULAN

Proses sterilisasi yang dilakukan di PKS PTPN IV Dolok Sinumbah telah berjalan sesuai dengan prosedur standar operasional yang berlaku, yaitu dengan mengatur kapasitas muatan sterilizer, tekanan uap, serta waktu perebusan secara tepat. Pelaksanaan yang sesuai prosedur ini berdampak langsung terhadap kualitas buah sawit yang direbus. Sterilisasi yang optimal mampu menghentikan aktivitas enzim lipase, sehingga menekan peningkatan kadar asam lemak bebas (ALB) pada minyak mentah (CPO). Selain itu, proses perebusan membuat buah lebih lunak sehingga mempermudah pelepasan brondolan dari tandan, meminimalkan kehilangan minyak, serta menjaga kernel (inti sawit) tetap utuh dan tidak mudah pecah. Tekanan uap yang terlalu rendah menyebabkan sterilisasi tidak efektif, sedangkan tekanan uap yang terlalu tinggi merusak struktur buah. Oleh karena itu, pengendalian tekanan uap pada kondisi optimal sangat penting untuk menjaga mutu TBS dan meningkatkan efisiensi produksi minyak sawit.

DAFTAR PUSTAKA

Jhon S Purba,dkk .2024." Kajian Rencana Pembuatan Mesin Penggiling Kopi" Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha,Vol.12 No.2 Agustus 2024.

Mahyunis, A.P.G.L. Gaol, dan Hermanto. 2015. Pengaruh Lama Waktu Perebusan terhadap Sifat Kuat Tekan dan Regangan Biji

Kelapa Sawit Varietas Tenera di PTPN II PKS Pagar Marbau. Jurnal Agro Estate, Vol. VI No. 2. Hal: 128-144.

Agung Nugroho.2019. Buku Ajar TEKNOLOGI AGROINDUSTRI KELAPA SAWIT

Hikmawan, Oksya, And Ria Angelina. 2019. ‘Pengaruh Variasi Waktu Dan Tekanan Terhadap Kehilangan Minyak Pada Air Kondensat Di Unit Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit’. Jurnal Teknik Dan Teknologi 14(2): 33–39.

Baldani. A.M., dan Ta’ali. 2020. Perancangan Sistem Kontrol Sterilizer Vertical Kelapa Sawit Berbasis Arduino UNO. Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional (JTEV), Vol. 06, No. 02. Hal: 87–98.

Sunanto, S., & Abadi, F. (2021). Optimasi Pengaturan Steam Uap Menggunakan Algoritma Greedy Untuk Mendukung Proses Perebusan Kelapa Sawit. Journal of Software Engineering and Information Systems (SEIS), 30-35.

Mubarok, A. L., Sofwan, A., & Bismantolo, P. (2022). Analisa Performa Kerja Sterilizer Of Crude Palm Oil. Rekayasa Mekanika, 6(1), 39-50

Rafil, R. A., Sinaga, L. M., Kurniadi, S., Elfiano, E., & Saragih, S. A. (2023). Analisa Termal Pada Sterilizer Crude Palm Oil Di Pt. Perkebunan Nusantara V Sei Galuh. Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika, 8(1), 44-62

