

Perancangan Boiler dan Tangki Penguapan pada Mesin Destilasi Minyak Serai Wangi Kapasitas 5 Kg

Zul Azmi¹, Zainuri Anwar^{1*}, Vivi Apriyanti¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jambi

*Corresponding author, e-mail: zzainurianwar@gmail.com

ABSTRACT

Citronella oil was produced by the steam extraction method. Boiler and evaporation tanks were one of the main components of a distillation machine. This research aimed to obtain the best boiler and evaporation tank design parameters for the distillation machine. The raw material to be distilled is citronella, with a capacity of 5 Kg. The working pressure of the boiler and evaporation tank was set at 3 bar. The design results obtained that the boiler and evaporation tank was cylindrical, with the dimensions diameter of the boiler being 30 cm and the height of the boiler being 45 cm. In comparison, the diameter of the evaporation tank is 40 cm, the height of the evaporation tank is 70 cm, the cone height is 10 cm with an angle of 26 °, and the diameter of the hole is 5 mm sieve. The material used stainless steel with a thickness of 2 mm.

Keywords: Citronella oil, Distillation, Boiler, Evaporation tank.

ABSTRAK

Minyak serai wangi dihasilkan dengan metode ekstraksi uap. Boiler dan tangki penguapan merupakan salah satu komponen utama pada mesin destilasi. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh parameter rancangan boiler dan tangki penguapan yang terbaik untuk mesin destilasi. Bahan baku yang akan didestilasi adalah serai wangi dengan kapasitas 5 Kg. Tekanan kerja pada boiler dan tangki penguapan ditetapkan pada kondisi 3 bar. Hasil perancangan didapatkan boiler dan tangki penguapan berbentuk silinder dengan dimensi ukuran yang diperoleh yaitu diameter boiler 30 cm, tinggi boiler 45 cm, sedangkan diameter tangki penguapan 40 cm, tinggi tangki penguapan 70 cm, tinggi kerucut 10 cm dengan sudut 26°, serta diameter lubang saringan 5 mm. Material yang digunakan adalah stainless steel dengan ketebalan 2 mm.

Kata kunci: Minyak serai wangi, Destilasi, Boiler, Tangki penguapan

PENDAHULUAN

Budidaya tanaman serai wangi sebagai salah satu bahan penghasil minyak atsiri semakin diperhitungkan, selain menguntungkan juga tidak ada limbah yang dibuang serta cara membudidayakannya juga relatif mudah. Tanaman serai wangi bisa mulai dipanen setelah usia 6 bulan setelah itu 3 bulan sekali bisa dipanen lagi, satu hektar dapat menampung 10 ribu bibit serai wangi [1].

Minyak serai wangi dapat diproduksi melalui teknologi penyulingan (*distillation*). Proses ini biasa digunakan karena pengoperasiannya yang mudah dan

peralatan yang diperlukan tidak sulit dalam pembuatannya. Untuk mendapatkan minyak serai wangi yang berkualitas perlu diketahui prinsip penyulingan dan peralatan yang mempunyai efisiensi tinggi [2].

Pada umumnya metode penyulingan minyak serai wangi dapat dilakukan dengan berbagai cara penyulingan. Penyulingan air, penyulingan uap dan air, dan penyulingan uap langsung. Penyulingan air, pada metode ini daun dan batang tanaman serai wangi yang akan disuling mengalami kontak langsung dengan air mendidih. Bahan dapat mengapung di atas air atau terendam secara sempurna, bergantung pada

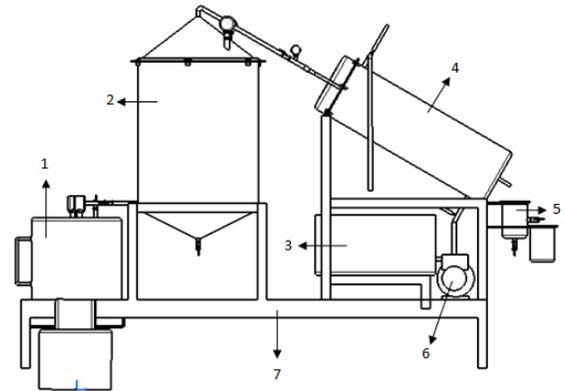
berat dan jumlah bahan yang disuling [3]

Penyulingan dengan uap langsung, pada sistem ini bahan baku tidak kontak langsung, baik dengan air maupun pemanas/api, tetapi hanya uap bertekanan tinggi yang difungsikan untuk menyuling, prinsip kerja metode ini membuat uap bertekanan tinggi di dalam boiler yang kemudian dialirkan melalui pipa dan masuk ke dalam tangki penguapan yang berisi bahan baku. Uap yang keluar dari boiler dihubungkan dengan kondensor, cairan kondensat yang berisi campuran minyak dan air dipisahkan dengan separator sesuai berat jenis minyak [4] [5].

Peralatan yang digunakan haruslah mempunyai tingkat keamanan dan efisiensi yang tinggi sehingga diperlukan desain yang sesuai. Dari beberapa penelitian sebelumnya, rendemen minyak serai wangi yang terbaik dihasilkan pada temperatur berkisar 110°C dan tekanan diatas 2 Bar, sehingga dibutuhkan material yang tahan terhadap tekanan tinggi dan juga korosi karena uap yang dihasilkan masih berupa uap jenuh [6]. Material yang tahan korosi dan tahan terhadap tekanan tinggi yang dianjurkan oleh ASME adalah Stainless steel [7]. Dari pemamparan tersebut dirancang sebuah boiler dan tangki penguapan untuk mendapatkan desain yang terbaik pada mesin destilasi minyak serai wangi.

METODE PERANCANGAN

Metode perancangan ini dimulai dari observasi lapangan dan studi literatur, menganalisa kebutuhan serta membuat konsep awal. Perancangan mesin destilasi ini didesain dalam skala laboratorium untuk bahan baku jenis serai wangi. Perancangan ini difokuskan pada peralatan boiler dan tangki penyulingan. Boiler yang akan dirancang adalah boiler tipe pipa air dengan tekanan maksimum perancangan ditetapkan 3 Bar sedangkan tangki penguapan dirancang dengan kapasitas 5 kg daun serai wangi. Tangki penguapan memiliki 2 jenis saringan yaitu saringan tipe vertikal dan horizontal. Bahan baku yang dipilih berdasarkan standard ASME. Berikut adalah gambar layout perancangan mesin destilasi minyak serai wangi:



Gambar 1. Lay Out Perancangan Mesin Destilasi

Keterangan:

1. Boiler
2. Tangki penguapan
3. Wadah penampung air masuk/keluar kondensor
4. Tabung kondensor
5. Wadah air dan minyak
6. Pompa
7. Rangka

HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Perancangan Boiler

Boiler sebagai tempat untuk memanaskan air, yang mana uap dari hasil pemanasan ditransfer ke tangki penguapan. Berikut adalah layout gambar perancangan boiler:



Gambar 2. Boiler pipa air

Perhitungan dalam perancangan boiler adalah perhitungan untuk mencari panas air, kebutuhan uap, kebutuhan bahan bakar, volume tabung, volume ruang uap, laju aliran, tebal plat, tebal pipa. Perhitungan didasarkan pada beberapa persamaan sebagai berikut:

➤ Perhitungan panas air :

Panas yang dibutuhkan untuk mengubah air dari suhu 25°C ke 120°C ada tiga jenis, yaitu sensibel dari 25°C ke 100°C (Q_1), panas laten 100°C (Q_2), dan panas laten penguapan 100°C ke 120°C (Q_3)

$$Q_1 = m \times C_p \times \Delta T_1 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- m = massa
- C_p = panas spesifik
- ΔT = perubahan temperatur

$$Q_2 = m \times h_{fg} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- m = massa
- h_{fg} = Enthalpi cair uap

$$Q_3 = m \times C_p \times \Delta T_2 \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

- m = massa
- C_p = panas spesifik
- ΔT = perubahan temperatur

➤ Perhitungan kebutuhan uap

Tabel 1. Kebutuhan uap untuk bahan baku minyak atsiri

No	Nama Bahan	Mol/kg
1.	Daun Jeruk	1228,25
2.	Daun Sirih	857,7
3.	Kayu Manis	4287,5
4.	Pala	3430
5.	Sereh	1715
6.	Daun Nilam	857,5
7.	Akar wangi	2139,75
8.	Bunga Kenanga	643,125

$$\text{kebutuhan uap} = S \times Q \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

- S = uap yang dibutuhkan
- Q = kapasitas tangki penyulingan

Dalam perencanaan waktu penyulingan 6 jam. Maka uap yang dibutuhkan dibagi lama waktu penyulingan

➤ Perhitungan kebutuhan bahan bakar:

$$m = \frac{Q}{LHV} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

- m = kebutuhan bahan bakar
- Q = Kebutuhan panas boiler
- LHV = (Low Heating Value) gas LPG

➤ Perhitungan volume tabung boiler

Untuk menghitung volume tabung berdasarkan kebutuhan uap air menggunakan persamaan (4), maka untuk mendapatkan diameter tabung berdasarkan tinggi tabung :

$$V = \pi \times r^2 \times t \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

- V = volume tabung
- $\pi = 3,14$
- r = radius
- t = tinggi tabung

➤ Perhitungan volume ruang uap :

$$V_{\text{ruang uap}} = V_{sb} - V_{\text{air}} \dots \dots \dots (7)$$

Dimana :

- V_{sb} = Volume badan boiler
- V_{air} = Volume air

➤ Perhitungan laju aliran massa uap:

$$\dot{m} = \rho \times v \times A \dots \dots \dots (8)$$

Dimana :

- \dot{m} = laju aliran massa
- ρ = massa jenis uap air
- A = luas penampang
- v = kecepatan fluida

➤ Perhitungan tebal plat dinding boiler [8]:

- P : Tekanan Uap = 3 bar = 43,511325 lb/in²
- S : *Maximum Allowable stress value* = 12,8 ksi = 12800 lb/in²
- R : Radius boiler = 150 mm = 5,90 inch
- E : Joint coefficient = 85% = 0,85

Ketebalan minimum plat yang diizinkan sebagai berikut :

$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0.6 \times P} \dots\dots\dots(9)$$

➤ Perhitungan tebal pipa boiler:

Jenis pipa yang akan digunakan untuk *water tube* harus disesuaikan dengan kebutuhan dari perancangan. Disini akan dicari bahan dari pipa yang bisa menahan temperatur hingga 150°C dan tekanan 3 Bar.

- P: Tekanan Uap = 3 bar = 43,511325 lb/in²
- S: *Maximum Allowable stress value* = 12,8 ksi = 12800 lb/in²
- R: Radius pipa = 6,35 mm = 0,25 inch
- E: *Joint coefficient* = 85% = 0,85

Ketebalan minimum pipa yang diizinkan sebagai berikut :

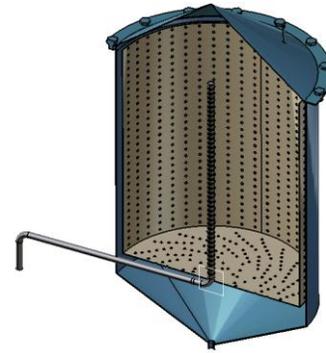
$$t = \frac{P \times R}{S \times E - 0.6 \times P} + 0,04 \dots\dots\dots(10)$$

Tabel 2. Hasil Perancangan boiler

No	Komponen	Dimensi
1.	Diameter Boiler	300 mm
2.	Tinggi Boiler	450 mm
3.	Tekanan Maksimum	3 Bar
4.	Tebal Dinding Boiler	2 mm
5.	Temperatur Maksimum	120°C
6.	Volume Boiler	31729500 mm ³
7.	Kapasitas Air Boiler	25,43 Liter
8.	Bahan Bakar	LPG

b) Perancangan Tangki penguapan

Tangki penguapan digunakan sebagai tempat terjadi kontak langsung uap dengan bahan baku, serta untuk menguapkan minyak serai. Pada bentuk sederhananya, tangki penguapan berbentuk silinder yang diameternya sama atau lebih kecil dari tinggi tangki.



Gambar 3. Tangki penguapan

Perhitungan dalam perancangan tangki penguapan adalah perhitungan untuk mencari tebal plat, tebal pipa transfer uap, volume tabung, volume kerucut. Perhitungan didasarkan pada beberapa rumus sebagai berikut:

- Perhitungan tebal plat dinding tangki:
 P : Tekanan Uap = 3 bar = 43,511325 lb/in²
 S : *Maximum allowable stress value* = 12,8 ksi = 12800 lb/in²
 R : Radius tangki penguapan = 200 mm = 7,87 inch
 E : *Joint coefficient* = 85% = 0,85

➤ Perhitungan volume tangki penguapan:
 Untuk menghitung volume tangki berdasarkan massa jenis daun serai menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{m}{\rho} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

- V= volume tabung
- m= massa
- ρ= massa jenis daun serai

Maka untuk mendapatkan diameter tabung berdasarkan tinggi tabung dengan menggunakan persamaan (6)

- perhitungan volume kerucut:

$$V = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times t \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

- V= volume kerucut

t= tinggi kerucut

r= panjang jari-jari kerucut

$\pi=3,14$

Tabel 3. Hasil Rancangan Tangki Penguapan

No	Komponen	Dimensi
1.	Diameter Tangki	400 mm
2.	Tinggi Tangki	700 mm
3.	Tinggi Kerucut	100 mm
4.	Volume kerucut	4190 mm ³
5.	Volume Tangki	67021 mm ³
6.	Kapasitas Serai	62832 mm ³
7.	Tekanan Maksimum	3 Bar
8.	Temperatur Maksimum	120°C

Dari hasil perhitungan didapat parameter dimensi komponen-komponen boiler dan tangki penguapan yang selanjutnya melalui proses desain menggunakan *software CATIA V5*. Berikut adalah hasil desain lengkap mesin penyulingan minyak serai wangi.



Gambar 4. Hasil desain mesin penyulingan serai wangi

Setelah proses desain selanjutnya proses pembuatan mesin destilasi. Proses ini diawali dengan pemilihan bahan material yang dipakai untuk boiler, pipa dan tangki penguapan. Material yang dipakai mengacu pada standard ASME yaitu stainless steel dengan ketebalan 2 mm dan mudah dicari di pasaran. Material tersebut mampu menahan tekanan sesuai desain yang diinginkan [8].

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari perancangan boiler dan tangki penguapan mesin destilasi adalah:

1. Desain yang didapat dalam perancangan ini adalah boiler pipa air dan tangki penguapan dengan kapasitas 5 kg. Dimensi boiler 30 cm x 45 cm dan diameter tangki penguapan 40 cm x 50 cm dengan tinggi kerucut 10 cm. Plat yang digunakan adalah *stainless steel 403* dengan tebal 2 mm.
2. Kebutuhan untuk proses destilasi serai wangi adalah 2,4984 MJ, sedangkan laju aliran massa uap dengan tekanan 3 bar 4,1217 kg/s.
3. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menghasilkan minyak dengan warna sesuai standar spesifikasi persyaratan mutu minyak serai wangi yaitu warna kuning pucat dan massa jenis minyak pada suhu 31°C yaitu 0,837 gram/ml.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, dan tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan yang setimpal atas bimbingan dan arahan yang diberikan kepada penulis dalam penyelesaian karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. H. I. News, "https://haloindonesianews.com penyulingan-minyak-sereh-wangi," p. 6, 2021.
- [2] S. Indriani, S. A. Sari, and D. A. Anggorowati, "Penerapan Alat Destilasi Minyak Atsiri di Kelurahan Tunjungrejo Kecamatan Sukun Malang," pp. 19–23, 2013.
- [3] "Lutony, T. L., & Yeyet, R. (2002). Produksi dan perdagangan minyak atsiri. Edisi 4. Depok: Penebar Swadaya.," p. 2002, 2002.
- [4] A. S. Maulana, Turmizi, and Hamdani, "Rancang Bangun Alat Distilasi Untuk Penyulingan Minyak Nilam," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 73–75, 2018.
- [5] S. Kecil, D. A. N. Menengah, and D. I. Jawa, "Teknologi Penyulingan Minyak Sereh Wangi

Skala Kecil Dan Menengah Di Jawa Barat,”
Teknoin, vol. 22, no. 9, pp. 664–672, 2016, doi:
10.20885/teknoin.vol22.iss9.art4.

- [6] P. Minyak, Y. E. Feriyanto, P. J. Sipahutar, and P. Prihatini, “Pengambilan Minyak Atsiri dari Daun dan Batang Serai Wangi (*Cymbopogon winterianus*) Menggunakan Metode Distilasi Uap dan Air dengan Pemanasan Microwave,” vol. 2, no. 1, pp. 93–97, 2013.
- [7] The American Society of Mechanical Engineers, *Rules for construction of heating boilers*. 1971.
- [8] A. Boiler, *2010 ASME Boiler and Pressure Vessel*. The American Society of Mechanical Engineers, 2010.