

Perancangan Ulang Tangki Penyulingan Minyak Atsiri Serai Wangi (*Cymbopogon Nardus*) Kapasitas 600 Kilogram

Muhammad Ichwan Nugraha¹, Sapto Prajogo², Ika Yuliyani³

¹Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : muhammad.ichwan.tken418@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : saptoprajogo@gmail.com

³Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : ika.yuliyani@polban.ac.id

ABSTRAK

Tujuan perancangan ulang tangki distilasi diharapkan dapat memberikan keuntungan dalam aspek keteknikan dan keekonomian dari tangki penyulingan sebelumnya. Pedoman yang digunakan sebagai metode penelitian mengacu pada ASME BPVC div.1 section VIII. Perancangan ulang yang dilakukan memberikan penambahan ketebalan pada *shell* dan *head* dari yang sebelumnya 3 mm menjadi 4 mm. Hasil tersebut diperoleh berdasarkan sinkronisasi perhitungan manual dan simulasi PV elite yang memiliki nilai error dibawah 10%. Tempat masuknya serai wangi dirancang dengan menambahkan *manhole* dan *blind flange* pada sisi depannya sehingga proses *loading* daripada serai wangi tidak memakan waktu dan lebih efektif. Kehilangan panas total teknologi tangki eksisting sebesar 23,723.54 W berkurang menjadi 22,575.66 W yang memberikan kenaikan efisiensi tangki dari 97,96% menjadi 98,06% sehingga terjadi peningkatan rendemen dari kondisi eksisting 0,7% menjadi 1,21%. Analisis tegangan dalam aplikasi SolidWorks juga menunjukan nilai pengoperasian pada temperatur dan tekanan operasi berturut-turut 117,32°C dan 1,837 bar yang masih dapat ditangani oleh material sebab tidak melampaui nilai *yield strength* maupun *Maximum Allowable Stress Value* (MASV) material yang dipilih pada *head* dan *shell* (SA 240 304L). Secara ekonomis, NPV menunjukkan nilai yang positif sebesar Rp275.041.774,59, IRR yang melampaui MARR-nya sebesar 29%, dan payback period yang relatif singkat selama 3 tahun 3 bulan.

Kata kunci :

perancangan, tangki distilasi, rendemen, efisiensi tangki, serai wangi

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat Indonesia akan produksi minyak atsiri kian meningkat seiring dengan perkembangan zaman dan semakin beragamnya jenis-jenis industri, seperti industri parfum, kosmetik, aroma terapi, obat-obatan, dan pestisida. Minyak atsiri merupakan suatu minyak yang terkandung pada tumbuhan aromatik dan diproses melalui distilasi uap, air, maupun uap-air yang memanfaatkan fluida gas untuk membawa minyak atsiri ke tahapan pemurnian selanjutnya. Minyak atsiri dapat diperoleh dari berbagai bagian organ tumbuhan, seperti akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. [2] Referensi [1] menunjukkan serai wangi yang telah diperkecil sebanyak 500 g dengan perlakuan variasi temperatur pada 120°C dan 130°C dengan variasi waktu penyulingan dari 3, 3,5, 4, 4,5, dan 5 jam diperoleh nilai

rendemen tertinggi berada pada temperatur 120°C dengan rendemen 1,208% dan densitas 0,884 g/ml untuk waktu operasi selama 5 jam. Parameter tersebut dijadikan rujukan parameter optimum dalam penelitian.

Tangki penyulingan minyak atsiri serai wangi yang telah diamati memiliki kelemahan. Hal tersebut dapat diketahui dari konstruksi teknologi tangki eksisting yang masih menggunakan isolator berupa karet ban mobil. Hal ini memengaruhi laju efisiensi proses dimana terdapat rugi panas yang terbuang ke lingkungan sebesar 23.723 kW sehingga laju proses penyulingan tidak efektif. Selain itu, desain teknologi masih bersifat praktis dan belum mengacu pada standar internasional ASME BPVC div.1 section VIII.

Perancangan ulang ditujukan untuk memperbaiki teknologi eksisting sehingga dapat diperoleh efisiensi teknologi pada

kondisi optimumnya berdasarkan kriteria perancangan yang ditetapkan. Oleh karena itu, topik yang diangkat pada jurnal ini “Perancangan Ulang Tangki Penyulingan Minyak Atsiri Serai Wangi (*Cymbopogon nardus*) Kapasitas 600 Kilogram”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tangki penyulingan minyak atsiri serai wangi merupakan komponen utama yang digunakan untuk melakukan proses ekstraksi minyak atsiri serai wangi dari serai wangi itu sendiri.

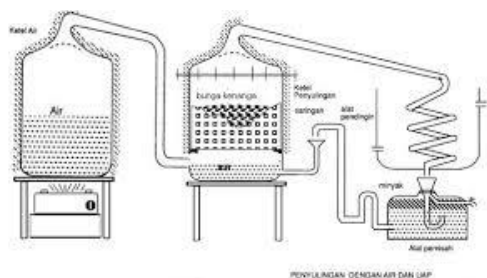
2.1. Minyak atsiri serai wangi

Minyak serai wangi yang berasal dari *Cymbopogon nardus* sering digunakan sebagai pewangi, disamping itu minyak ini memiliki beberapa khasiat diantaranya sebagai anti bakteri, anti jamur, dan mencegah atheromatosis. Produksi minyak serai wangi yaitu dapat dilakukan dengan metode distilasi. Berdasarkan hasil penelitian, rendemen minyak serai wangi tertinggi dihasilkan pada metode distilasi uap sebesar 1,4%. Pada hasil pengujian dengan metode GC-MS, komponen minyak atsiri paling banyak diperoleh pada minyak serai wangi hasil distilasi uap dan air-uap yaitu sebanyak 41 komponen [12]. Susunan kimia minyak serai wangi ditunjukkan pada tabel di bawah ini :

Senyawa Penyusun	Kadar (%)
Sitronellal	32-45
Geraniol	12-18
Sitronellol	12-15
Geraniol Asetat	3-8
Sitronellil Asetat	2-4
L-Limonene	2-5
Elenol dan Seskwiterpene lain	2-5
Elemen dan Cadinene	2-5

Gambar 2 1 Komposisi minyak atsiri serai wangi

2.2. Steam-hydro distillation/distilasi uap-air



Gambar 2 2 Konfigurasi steam-hydro distillation

Distilasi uap-air dilakukan dengan menempatkan bahan tanaman dalam suatu tempat yang bagian bawah dan tengahnya berlubang-lubang dan ditopang diatas dasar alat penyulingan. Bahan tanaman ditempatkan

diatas alat penyulingan yang diisi sedikit air dibawahnya.

Prinsip kerja sistem tersebut adalah bahan yang telah diletakkan, diatas sarigan lalu tangki di bagian bawah diisi dengan air sampai permukaannya tidak berbeda jauh dengan permukaan saringan. Ciri khas dari sistem ini adalah sebagai berikut :

- 1) Uap selalu dalam keadaan basah, jenuh, dan tidak terlalu panas.
- 2) Bahan yang disuling hanya berhubungan dengan uap dan tidak berhubungan dengan air.

2.3. Perpindahan panas konveksi

Konveksi adalah salah satu cara panas berpindah dari suatu media dengan media lainnya. Dalam ilmu teknik termal, cara panas berpindah, yaitu dari media yang mempunyai temperatur tinggi, ke media dengan temperatur lebih rendah. Perpindahan panas secara konveksi terjadi dari fluida ke media lain dalam hal ini lingkungan ataupun sebaliknya karena adanya pergerakan fluida [11].

2.4. Perpindahan panas radiasi

Radiasi bergerak di ruang sebagai garis atau berkas cahaya dan hanya benda-benda yang dapat terlihat oleh benda yang melakukan radiasi itu saja yang dapat menangkap radiasi benda itu. Dalam kenyataan radiasi yang dipantulkan akan menimpa benda-benda lain yang menyerap dan akhirnya akan dikonversikan menjadi kalor setelah beberapa pemantulan [11].

2.5. Analisa ekonomi teknik

Analisa ekonomi teknik yang dilakukan meliputi perhitungan NPV (*Net Present Value*) yang menunjukkan selisih kas keluar-masuk pada periode tertentu, IRR (*Internal Rate of Ratio*) untuk membandingkan seberapa menjanjikan investasi yang dilakukan, serta *payback period* untuk mengetahui lama pengembalian investasi.

2.6. Software PV elite

Software digunakan untuk perancangan tangki dan dapat diatur untuk tangki kondisi vertikal maupun horizontal dengan beberapa fitur yang dapat menyesuaikan dengan standar internasional yang berlaku pada umumnya.

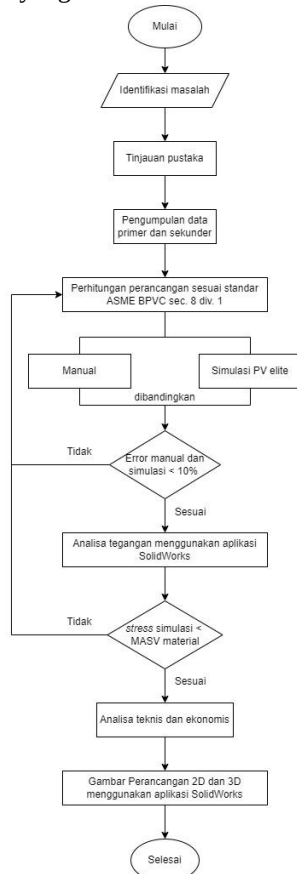
2.7. Software Solidworks

Software SolidWorks merupakan aplikasi CAD yang dapat digunakan untuk membuat gambar teknik 2D proses permesinan maupun

assembling dengan tampilan 3D sebelum alat aslinya direalisasikan.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan berupa metode penelitian kuantitatif dengan melibatkan berbagai rumus matematis dan perhitungan komputasi. Perancangan ulang dilakukan dari kondisi eksisting yang terdapat di daerah Subang, Komplek Palasari 2 RT/RW 11/03, Kec. Ciater, Kab. Subang, Jawa Barat. Berikut akan ditampilkan diagram alir dari penelitian yang dilakukan:



Gambar 3 1 Alur Penelitian

3.1. Kriteria Perancangan dan Spesifikasi Teknis

Tabel 3 1 Kriteria dan spesifikasi teknis perancangan ulang tangki

Kriteria Perancangan				
Variabel	Parameter	Nilai kriteria	Satuan	Sumber
Bahan baku : Serai wangi	Tinggi	500 - 1000	Millimeter	Anwar, Aviasti, dkk. 2016
	Lebar	150	Millimeter	Anwar, Aviasti, dkk. 2017
	Panjang	1000	Millimeter	Anwar, Aviasti, dkk. 2018
Bahan bakar : kayu	GCV (dry wood)	9300	kJ/kg	Engineering Toolbox
Air	Temperatur	25	°C	kondisi STD
Kondisi operasi tangki	Temperatur	110-130	°C	Adiandarsari, Junita, dkk. 2021
	Tekanan	14,5-43,51	Psi	Thermodynamics table
	MASV	< = 16700	Psi	ASME BPVC sec. 8 div.1
Spesifikasi teknis				
Variabel	Parameter	Nilai spek	Satuan	Sumber
Dimensi Tangki (Kapasitas 600 Kg)	Jenis	Horizontal	-	Desain PT. Ciaruga Sinergi Indonesia
	Tebal tangka	3	Millimeter	Desain PT. Ciaruga Sinergi Indonesia
	Tinggi Tangki	1800 – 2800	Millimeter	Desain PT. Ciaruga Sinergi Indonesia
	Diameter Tangki	1500 – 1930	Millimeter	Desain PT. Ciaruga Sinergi Indonesia
	Volume Tangki	3000 – 3500	liter	Desain PT. Ciaruga Sinergi Indonesia
	Pipa output (pipa kondensor)	1,5 – 2,5	inch	Desain PT. Ciaruga Sinergi Indonesia
	Material	Carbon steel/stainless steel	-	Desain PT. Ciaruga Sinergi Indonesia

3.2. Tahapan perancangan tangki

3.2.1. Kondisi operasi dan desain Tekanan Desain

$$P_o = P_{aktual} \times 110\% \quad (1)$$

$$A = 0,1 \times P_o \quad (2)$$

$$\rho_{gas \text{ ideal}} = \frac{P_o (psi)}{0,3704 \left(\frac{psi \cdot ft^2}{lbm \cdot R} \right) \times T_o (^\circ R)} \quad (3)$$

$$SH = \rho \times g \times H \quad (4)$$

$$P_{desain} = P_o + A + \text{static head} \quad (5)$$

Temperatur Desain

$$Td = T_o + 10^\circ C \quad (6)$$

3.2.2. Pemilihan bahan baku

Material yang dipilih pada perancangan ini adalah *stainless steel* sebab material ini mampu memenuhi kebutuhan perancangan mengingat material ini mudah dibersihkan, tahan karat, konstruksinya yang kuat, dan tidak bereaksi untuk keperluan operasi tangki.

3.2.3. Pemilihan jenis tangki

Jenis tangki penyimpanan hanya ada dua, vertikal dan horizontal. Untuk tangki penyulingan ini, tangki jenis vertikal yang digunakan mengingat kondisi tempat yang terbatas dan keperluan tangki yang berfungsi juga sebagai boiler.

3.2.4. Corrosion allowance

Material yang dipilih pada tangki adalah *stainless steel* dengan kode SA-240 304L

sehingga untuk baja tahan karat, batas korosi minimum 1/32 inci (0,03125" atau 0,8 mm) biasanya cukup. Oleh karena itu, nilai CA yang digunakan pada perancangan kali ini adalah 0,8 mm.

3.2.5. Coefficient joint efficiency

Nilai dari *joint coefficient* untuk bagian *shell* dan *head* adalah 1 sehingga menunjukkan untuk *pressure vessel* yang di inspeksi secara *fully radiography*.

3.2.6. Wind loads

Standar *wind loads* yang digunakan adalah diambil dari tabel 6-2 ASCE 95 standar atau tabel 6-1 ASCE 98 standar. Nilai yang digunakan untuk teknologi yang akan dirancang kali ini adalah 0,87 sebab teknologi tangki yang hendak dirancang hanya menimbulkan bahaya kecelakaan yang rendah apabila terjadi kegagalan/kebocoran pada operator yang menggunakannya.

3.2.7. Maximum Allowable Stress Value (MASV)

Temperatur yang digunakan adalah temperatur eksisting dari pengambilan data primer menggunakan temperatur rata-rata sebesar 117,32°C untuk *stainless steel* yang menggunakan SA-312 TP304L pada bagian *nozzle* adalah 20.000 psi [4]. Sedangkan, *stainless steel* yang menggunakan SA-240 304L pada bagian *shell* dan *head* memiliki nilai 16.700 psi [4].

3.2.8. Ketebalan dan MAWP shell

Perhitungan ketebalan dan MAWP shell yang akan dicari dipasaran dengan menggunakan rumus yang sudah dijelaskan sebelumnya pada referensi [4] sebagai berikut :

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} + CA \quad (7)$$

$$MAWP = \frac{SEt}{0,6 + R} \quad (8)$$

3.2.9. Ketebalan dan MAWP head

Head yang paling ekonomis adalah *cylindrical head* apabila dibandingkan dengan *dished head*. Berikut perhitungan yang digunakan untuk memperoleh ketebalan dan MAWP berdasarkan referensi [4] :

$$t = \frac{PD}{2SE - 0,2P} + CA \quad (9)$$

$$MAWP = \frac{2SEt}{D + 0,2t} \quad (10)$$

3.2.10. Menentukan nozzle, flange, dan manhole

Berdasarkan referensi [5] tabel 2-2.1 *pressure temperature rating for group 2.1 materials* diperoleh kelas 150# [5]. Berdasarkan penentuan tersebut, dimensi *flange* yang menyesuaikan diameter pipa dalam dari *nozzle* dan *manhole* ditunjukkan sebagai berikut :

Flange inlet-outlet tangki

Outside diameter flange = 178 mm
Thickness = 22.3 mm

Pitch Circle Diameter (PCD) = 139.7 mm

Number of holes = 4

Diameter of hole = 19 mm

Manhole

Outside diameter flange = 815 mm

Thickness = 48 mm

Pitch Circle Diameter (PCD) = 749.3 mm

Number of holes = 20

Diameter of holes = 35 mm

Baut yang digunakan adalah standar amerika, yaitu *Unified Hexnut* dengan kode ASNZS 2465-1,25-1 dan ukuran 1,25-12 x 4,75-5. Baut ini yang akan mengunci *manhole* apabila proses sedang berlangsung [13] .

Nozzle

Ukuran diameter daripada *nozzle* yang akan digunakan mengacu pada ASME B36.10 untuk pipa standar menyesuaikan dengan kondisi eksistingnya sebesar 2,5 inch sch 5.

Berdasarkan standar internasional tersebut, diperoleh dimensi-dimensi lainnya sebagai berikut :

Inside Diameter = 65 mm

Thickness = 2.11 mm

Outside Diameter = 67.11 mm

Sedangkan, ukuran pipa *nozzle* yang digunakan pada *manhole* menggunakan standar yang sama adalah sebagai berikut :

Inside Diameter = 600 mm

Thickness = 5.54 mm

Outside Diameter = 605.54 mm

3.3. Tahapan perhitungan kinerja tangki

Tabel 3.2 Tahapan perhitungan
kinerja tangki

Parameter	Rumus	Keterangan
E_{in}	$\dot{m}_{fuel} \times GCV_{fuel}$	(11) energi input
Q_p	$h \times A_p \times (T_o - T_a)$	(12) nozzle losses
Q_k	$h \times A_k \times (T_o - T_a)$	(13) shell losses
Q_t	$h \times A_t \times (T_o - T_a)$	(14) head losses
Q_{rad}	$\varepsilon \times \sigma \times A \times (T_o^4 - T_a^4)$	(15) radiation losses
Q_{leak}	$C_u \times \rho_u \times Q_u \times T_{op}$	(16) leakage losses

3.4. Simulasi PV elite

Simulasi dilakukan dengan memasukkan input hasil perhitungan sehingga setelah *running* diperoleh hasil perhitunga ketebalan dan MASV.

3.5. Simulasi SolidWorks

Setelah dilakukan sinkronisasi perhitungan manual dan simulasi, simulasi SolidWorks dilakukan untuk mengetahui tegangan akibat pembebanan operasi [14].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kriteria Perancangan dan Spesifikasi Teknis Final

Tabel 4 1 Kriteria perancangan dan spesifikasi teknis yang digunakan

Kriteria Perancangan				
Variabel	Parameter	Nilai Final	Satuan	Sumber
Bahan baku : Serai wangi	Tinggi	1000	Millimeter	Anwar, Aviasti, dkk. 20
	Lebar	150	Millimeter	Anwar, Aviasti, dkk. 20
	Panjang	1000	Millimeter	Anwar, Aviasti, dkk. 20
Bahan bakar : kayu	GCV (dry wood)	9300	kJ/kg	Engineering Toolbox
Air	Temperatur	25	°C	kondisi STD
Kondisi operasi tangki	Temperatur	117,32	°C	Adiandarsi, Junita, dkk. :
	Tekanan	26,64	Psi	Thermodynamics tabl
	MASV	16700	Psi	ASME BPVC sec. 8 di
Spesifikasi teknis				
Variabel	Parameter	Nilai Final	Satuan	Sumber
Dimensi Tangki (Kapasitas 600 Kg)	Jenis	Horizontal	-	Desain PT. Ciaruga Si Indonesia
	Tebal tangka	4	Millimeter	Desain PT. Ciaruga Si Indonesia
	Tinggi Tangki	2000	Millimeter	Desain PT. Ciaruga Si Indonesia
	Diameter Tangki	1927	Millimeter	Desain PT. Ciaruga Si Indonesia
	Volume Tangki	3500	liter	Desain PT. Ciaruga Si Indonesia
	Pipa output (pipa kondensor)	2,5	inch	Desain PT. Ciaruga Si Indonesia
	Material	Stainless steel	-	Desain PT. Ciaruga Si Indonesia

4.2. Hasil perbandingan perhitungan manual dan simulasi PV elite

Tabel 4 2 Perbandingan perhitungan manual dan aplikasi

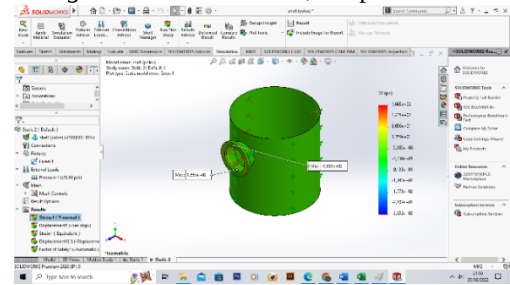
Parameter		Manual (Excel 2020)	Simulasi (PV elite 2017)	Sat
Tekanan Internal	Tebal shell	3,38	3,49	m
	Tebal shell nominal	3,5	3,5	m
	Tebal top elliptical head	3,37	3,48	m
	Tebal top elliptical head nominal	3,5	3,5	m
	Tebal bottom elliptical head	3,37	3,48	m
	Tebal bottom elliptical head nominal	3,5	3,5	m
	Shell	0,305	0,322	Mi
MAWP	Top elliptical head	0,309	0,321	Mi
	Bottom elliptical head	0,309	0,323	Mi

Secara keseluruhan, nilai error berada di bawah 10% dengan error tertinggi ketebalan ditemukan pada *elliptical head* sebesar 3,16% dan error MAWP tertinggi pada *shell* sebesar 5,27%. Nilai ketebalan yang disepakati pada nominalnya sebesar 3,5 mm. hanya saja, kondisi eksisting di lapangan tidak ditemukan nilai ketebalan 3,5 mm sehingga diambil ketebalan tangki diatasnya, yaitu sebesar 4 mm.

4.3. Hasil simulasi tegangan Solidworks

Simulasi tegangan *von mises*/plastis menunjukkan nilai minimal sebesar 1.022 sampai 252.4 psi. Nilai ini dapat

dikatakan jauh daripada nilai *yield strength* material senilai 30,000 psi.



Gambar 4 1 Tegangan longitudinal shell

Pada gambar diatas, nilai dari tegangan longitudinal minimum berada pada nilai 263,2 sampai 166,5 psi. Kedua nilai tersebut berada dibawah nilai tegangan maksimum untuk material SA-240 304L sebesar 16.700 psi sehingga dapat dikatakan material dapat menangani beban akibat operasi yang terjadi.

4.4. Perhitungan kinerja eksisting dan perancangan ulang

Tabel 4 3 Energi input dan losses tangki

Perhitungan energi		
Parameter	Eksisting	Perancangan ulang
	Nilai (W)	
Ein	1162500	1162500
Qp	16,67	98,75
Qk	21374,52	21374,52
Qt	367,89	1092,95
Qrad	9,43	9,43
Qleak	1955,021958	0
Total Loss	23723,54	22575,66

4.5. Perbandingan akhir perhitungan kinerja

Tabel 4 4 perbandingan kondisi eksisting & perancangan ulang

Tangki Penyulingan Kapasitas 600 Kg		
Parameter	Eksisting	Perancangan ulang
Material	Stainless steel 304	Stainless steel 304
DI (mm)	1927	1927
DI pipa (mm)	65	65
L tangki (mm)	1480	1200
L boiler (mm)	800	800
L total (mm)	2280	2000
t (mm)	3	4
η	97,96%	98,06%

(Cymbopogon nardus). Jurnal CRANKSHAFT, Vol.1, No.1, ISSN : 2623-0720.

[13] Mali, A., Bhosale, H., Bedi, D. S., & Modara, A. (2017). Design of Vertical Pressure using PV Elite Software. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 2147-2153.

[14] Setiawan, A. B., & Pratiwi, S. E. (2018). Perancangan dan Analisis Tegangan Separator Produksi Menggunakan Software PV Elite dan SolidWorks. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 07, No. 2.