

PERANCANGAN TANGKI FERMENTOR PADA PROSES PRODUKSI KOMBUCHA DENGAN KAPASITAS 2.000 TON/TAHUN

Kevin Massimiliano dan Ernia Novika Dewi

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
kevinmassimiliano@gmail.com ; [ernianovika@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Kombucha dikenal sebagai minuman fermentasi yang terbuat dari teh dan gula dengan kandungan vitamin organik dan asam amino yang tinggi sehingga sangat baik untuk kesehatan. Produksi kombucha membutuhkan alat utama berupa tangki fermentor. Tangki fermentor merupakan alat dimana tempat terjadinya proses utama dalam pembuatan kombucha yaitu proses fermentasi dari daun teh. Pada perancangan pabrik kombucha dengan kapasitas 2.000 ton/tahun, tangki fermentor yang dibutuhkan sebanyak 10 tangki agar proses dapat berjalan secara semi kontinyu. Penelitian ini bertujuan untuk merancang tangki fermentor dengan kapasitas 2.000 ton/tahun pada perancangan pabrik kimia produksi minuman kombucha dari teh hijau. Pada perancangan tangki fermentor ini menggunakan metode perhitungan desain bejana. Hasil dari perhitungan didapat tangki yang akan dirancang berbentuk silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *standard dished head*. Spesifikasi tangki fermentor meliputi tutup atas dan bawah *standard dishedhead* dengan tinggi tutup atas 0,49 m, tutup bawah 0,49 m, tinggi tangki 5,3 m, diameter luar tangki 2,84 m, serta penambahan 3 buah *nozzle*, 4 buah *leg*, 1 buah *bucket strainer*, *thermocouple* dan pH sensor. Dengan jenis material yang digunakan yaitu SA-240, grade M, type 316 (*high alloy steel*). Tangki fermentor dapat dirancang menyesuaikan kebutuhan dari proses produksi kombucha, karena setiap fermentor memiliki spesifikasi penambahan bagian dan kapasitas tangki yang berbeda.

Kata kunci: fermentor, kombucha, perancangan, tangki

ABSTRACT

Kombucha is known as a fermentation beverage made from tea and sugar with high organic vitamin and amino acid content so it is excellent for health. The production of kombucha requires the primary tool of a fermentor tank. Fermentor tanks are a tool where the main process in the making of kombucha is the process of fermentation of tea leaves. At the proposal of the Kombucha plant with a capacity of 2,000 tons/year, a fermentor tank requires as many as 10 tanks in order for the process to run semi-continuously. In the design of this fermentor tank using the calculation method of the bejana design. The result of the calculation was a tank that would be designed in the shape of a vertical cylinder with a top cap and a bottom cap in the form of a standard dished head. The specifications of the fermentor tank included the top and bottom cap of the normal dishedhead with a height of the top cap 0.49 m, the bottom cap 0.49 m, tank height 5.3 m, outer diameter of the tank 2.84 m, as well as the addition of 3 nozzles, 4 legs, 1 bucket strainer, thermocouple and pH sensor. With the type of material used is SA-240, grade M, type 316 (*high alloy steel*). Fermentor tanks can be designed to adapt to the needs of the kombucha production process, as each fermentor has different parts addition specifications and tank capacity.

Keywords: fermentor, kombucha, planning, vessel

1. PENDAHULUAN

Minuman teh berasal dari tanaman *Camellia sinensis* yang dimanfaatkan daun dan pucuknya dengan melalui beberapa tahapan pengolahan seperti pelayuan, oksidasi, enzimatik, penggilingan, dan pengeringan. Seiring berjalannya waktu, minuman teh semakin banyak dikenal terutama bagi masyarakat Indonesia. Saat ini tanaman teh telah banyak dibudidayakan diberbagai negara salah satunya Indonesia. Produksi teh nasional mencapai 136.800 ton pada tahun 2022 dengan kandungan *catechin* (antioksidan alami) tertinggi di dunia [1]. Minuman teh memiliki banyak manfaat seperti melawan radikal bebas dengan memanfaatkan antioksidan (*polifenol*) yang terkandung di dalamnya, memperkuat struktur tulang karena adanya jenis mineral berupa *fluorida*, vitamin A berbentuk *beta-karoten* yang membantu menjaga kesehatan mata dan kulit, dan meningkatkan kesehatan jantung melalui kandungan antiinflamasi berupa katekin. Teh juga memiliki kandungan alkaloid kafein memberikan rasa yang segar saat dikonsumsi. Teh sendiri memiliki senyawa yang menjadikan minuman ini memiliki potensi antioksidan yang tinggi [2].

Kombucha merupakan produk minuman fermentasi yang mengandung sejumlah vitamin, mineral, enzim, dan asam organik. Kombucha diproduksi secara tradisional melalui proses fermentasi teh hijau atau teh hitam (*Camellia sinensis*) dengan bakteri SCOBY (*Symbiotic culture of bacteria and yeast*) [3]. SCOBY tersebut berisi *Acetobacter xylinum* dan beberapa jenis khamir [4]. Pada koloni SCOBY, terdapat beberapa bakteri diantaranya: *Acetobacter xylinum*, *Xylinoides*, *Gluconicum*, *Acetobacter ketogenium*, *Pichia*, *Torulavarietas*, *Lactobacillus sp*, *Pediococcus sp*, bakteri-bakteri tersebut menghasilkan asam asetat dan adapun ragi yang terkandung di dalam starter kombucha diantaranya: *Saccharomyces ludwigii*, *S. Apiculatus varietas* juga *Schizosaccharomyces pombe* [5]. Kombucha memiliki khasiat yang sangat berguna bagi tubuh manusia. Beberapa manfaat dari kombucha antara lain sebagai antioksidan, antibakteri, memperbaiki mikroflora usus, meningkatkan ketahanan tubuh dan menurunkan tekanan darah [6]. Keunggulan teh kombucha dibandingkan cairan teh biasa adalah kandungan asam-asam organik dan beberapa senyawa seperti vitamin dan asam amino [7]. Beberapa manfaat yang dikaitkan dengan kombucha telah dibuktikan dalam studi *in vitro* dan dengan hewan, seperti pengendalian stres *oksidatif*, aktivitas *antimikroba*, dan peningkatan fungsi hati [8-10]. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konsumsi kombucha dapat membantu mengontrol kadar gula darah, yang bermanfaat bagi individu dengan diabetes tipe 2 [11].

Pada proses fermentasi diperlukan penambahan gula sebagai nutrisi yang nantinya dimanfaatkan oleh mikroba untuk menghasilkan SCOBY baru. Selain memanfaatkan gula, penambahan berbagai jenis teh seperti teh hijau, teh hitam, dan lainnya banyak digunakan dalam pembuatan kombucha karena kandungan nitrogen (turunan purin, kafein dan teofilin) juga diperlukan untuk pertumbuhan mikroba. Hal tersebut juga didukung dengan hasil penelitian sebelumnya, formula terbaik yang dapat menghasilkan SCOBY terbaik yaitu pada formula yang menggunakan media larutan teh gula sebagai media pertumbuhan SCOBY [12]. Mikroorganisme pada kombucha akan mengalami metabolisme terhadap gula sehingga menjadi berbagai komponen misalnya asam, alkohol dan vitamin yang bermanfaat bagi kesehatan penggunanya [13].

Fermentasi yang terjadi pada pembuatan teh kombucha merupakan aktivitas dari mikroorganisme yang terdapat dalam starter kultur kombucha. SCOBY (*Symbiotic culture of*

bacteria and yeasts) merupakan kultur campuran yang berisi bakteri dan khamir (*yeast*) [14]. Kultur campuran tersebut terbagi menjadi dua bagian / bentuk yaitu bentuk cairan dan biofilm yang melayang di dalamnya [15]. Cairan yang terbentuk setelah fermentasi dapat dikonsumsi dan dapat pula dijadikan sebagai starter untuk fermentasi selanjutnya. Proses ini memerlukan alat berupa fermentor, fermentor adalah suatu alat untuk menjalankan proses fermentasi. Penggunaan alat fermentor masih jarang ditemui di industri dalam bidang *food and beverages*.

Pada penelitian sebelumnya terdapat penggunaan alat fermentor pada produksi *yogurt* dengan tujuan penggunaan fermentor untuk memfermentasi *yogurt* dengan bantuan bakteri pada suhu yang optimal. Fermentor pada proses ini dilengkapi dengan sensor temperatur, *double jacket* serta *valve* untuk keluaran *yogurt* [16]. Namun masih belum ada penelitian yang membahas secara rinci bagaimana perhitungan untuk kapasitas serta desain tangki fermentor yang sesuai dengan kebutuhan proses fermentasi pada kombucha.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang desain tangki fermentor dengan kapasitas 2.000 ton/tahun pada prarancangan pabrik kimia produksi minuman kombucha dari teh hijau. Perancangan desain ini sudah disesuaikan dengan kebutuhan spesifikasi yang dibutuhkan, masih belum banyak referensi tentang perancangan fermentor untuk produksi kombucha, oleh karena itu perancangan tangki fermentor ini sangat penting dalam prarancangan pabrik kombucha.

2. METODOLOGI PENELITIAN

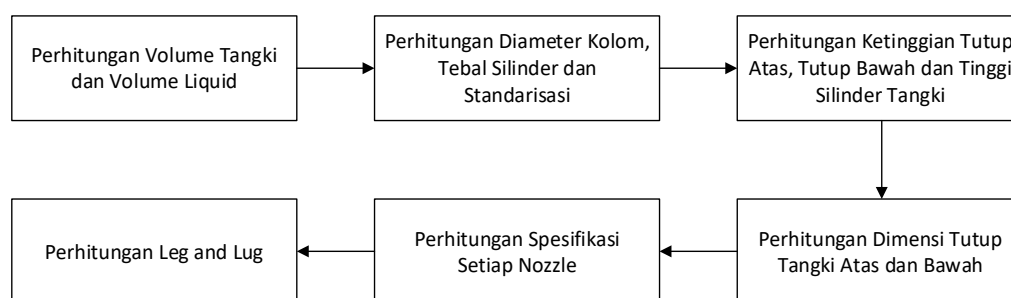
2.1. Pengumpulan Data

Pada prarancangan pabrik kimia produksi minuman kombucha dari teh hijau terdapat alat utama berupa fermentor, fermentor masih minim akan referensi maka dari itu dilakukannya perancangan tangki fermentor kombucha. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan desain tangki fermentor yang sesuai dengan kriteria kegunaan tangki fermentor dengan menggunakan metode perhitungan desain bejana. Untuk melakukan perhitungan desain tangki fermentor terdapat beberapa data yang perlu untuk diketahui, yaitu meliputi waktu tinggal, bahan konstruksi, tekanan, suhu operasi, jenis pengelasan, faktor pengelasan, *allowable stress* (f), faktor korosi (C), viskositas, densitas, laju alir massa dan *volume liquid* (%). Data tersebut bisa didapatkan dari perhitungan neraca massa yang telah dilakukan perhitungan pada tahap sebelumnya dimana perancangan tangki fermentor ini merupakan bagian dari tahap perancangan pabrik.

Dalam proses perancangan tangki fermentor tahapan yang perlu dilakukan dalam perencanaan tangki, yaitu meliputi penentuan material tangki, penentuan bentuk tutup atas dan tutup bawah, perhitungan dari volume total tangki, perhitungan tebal silinder, perhitungan diameter tangki, perhitungan tinggi total tangki dan perhitungan *nozzle*. Skema perhitungan desain tangki fermentor dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Perhitungan Desain Tangki Fermentor

Sebelum mendesain tangki fermentor, perlu ditentukan beberapa parameter yang mengacu pada perhitungan neraca massa dan neraca energi pada prarancangan pabrik minuman kombucha dari teh hijau, seperti laju alir massa dari setiap aliran masuk maupun keluaran, suhu dan tekanan operasi, maupun spesifikasi dari bahan baku yang digunakan. Spesifikasi yang ditentukan sebagai dasar perhitungan tangki fermentor disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Skema perhitungan perancangan tangki fermentor pada proses produksi kombucha

Tabel 1. Spesifikasi perhitungan perancangan tangki fermentor pada proses produksi kombucha

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Bentuk	Silinder tegak bagian atas dan tutup bawah <i>standart disheadhead</i>
2	Jenis material	SA-240, grade M, type 316 (<i>high alloy steel</i>)
3	Jumlah	10 buah
4	Tekanan operasi	1 atm
5	Suhu operasi	30 °C
6	Jenis pengelasan	<i>Double-Welded but joint</i>
7	Faktor pengelasan	0,8
8	<i>Allowable stress</i> (f)	18750
9	Faktor korosi (C)	0,1875
10	Laju alir massa teh hijau	124 kg/jam
11	Laju alir massa <i>starter</i>	16 kg/jam
12	Laju alir massa total	140 kg/jam
13	Densitas teh hijau	1375 kg/m ³
14	Densitas <i>starter</i>	1421 kg/ m ³
15	Densitas campuran (teh hijau + starter)	1380 kg/ m ³
16	Volume <i>liquid</i>	80% Volume tangki
17	Waktu tinggal	10 hari = 240 jam

Dari data yang diatas dapat dilakukan perhitungan perancangan tangki fermentor dengan tahapan perhitungan sebagai berikut [17] :

- Perhitungan kapasitas tangki :

$$Volume\ liquid = \frac{Laju\ alir\ massa\ liquid\ x\ waktu\ tinggal}{Densitas\ liquid} \tag{1}$$

$$Volume\ total = Volume\ liquid + Volume\ ruang\ kosong \tag{2}$$

- Perhitungan diameter bejana :

$$Volume\ total = 0,0847d^3 + \frac{\pi x d^2 x L_s}{4} + 0,0847d^3 \tag{3}$$

Dimana :

d = diameter (m)

L_s = tinggi silinder (m)

- Perhitungan tebal silinder (t_s) :

$$t_s = \frac{P_i d_i}{2(fE - 0,6P_i)} + C \quad (4)$$

Dimana :

p_i = *pressure internal* (atm)

d_i = *diameter internal* (m)

f = *allowable stress*

E = faktor pengelasan

C = faktor korosi

- Perhitungan nilai $t_{s\ standard}$:

$$t_{s\ standard} = t_s \times \frac{16}{16} \quad (5)$$

- Perhitungan diameter luar :

$$d_o = d_i + 2 \cdot t_s \quad (6)$$

Dimana :

d_o = *outside diameter* (m)

d_i = *inside diameter* (m)

- Perhitungan h_a , h_b dan L_s :

$$h_a = 0,169 d_i \quad (7)$$

$$h_b = 0,169 d_i \quad (8)$$

$$L_s = 1,5d \quad (9)$$

Dimana :

h_a = ketinggian tutup atas (m)

h_b = ketinggian tutup bawah (m)

L_s = ketinggian silinder (m)

- Perhitungan H :

$$H = h_a + L_s + h_b \quad (10)$$

Dimana :

H = ketinggian total dari *vessel* (m)

- Perhitungan volume total tangki :

$$V_1 = 0,0847 d^3 \quad (11)$$

$$V_2 = \frac{\pi \times d^2 \times L_s}{4} \quad (12)$$

$$V_3 = 0,0847 d^3 \quad (13)$$

$$\text{Volume total} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (14)$$

Dimana :

V_1 = volume tutup atas (m)

V_2 = volume silinder (m)

V_3 = volume tutup bawah (m)

- Perhitungan *nozzle* :

$$Q = \frac{m \text{ liquid} / p}{v} \quad (15)$$

$$d_i = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} = \text{Nominal Pipe Size} \quad (16)$$

Dimana :

v = kecepatan alir liquid (ft/detik)

Q = laju alir fluida (ft³/jam)

ρ = massa jenis (kg/m³)

Nilai *Nominal Pipe Size* akan dijadikan acuan untuk penentuan nilai *Inside Diameter of Standard Wall Pipe (B)*, *Diameter of Hub at Base (E)*, *Outside Diameter of Flange (A)*, *Thickness of Flange Minimum (T)*, *Length Through Hub (L)*, *Outside Diameter of Raised Face (R)* dan *Diameter of Hub at point Welding (K)* yang dapat dilihat pada hal 221 [17].

- Perhitungan leg :

$$\Sigma W = \text{Massrate total} \times \text{waktu tinggal} \times \text{Massrate koil} \quad (17)$$

$$P = \frac{\Sigma W}{n} \quad (18)$$

$$l = L + 0,5H \quad (19)$$

$$bhp = h + 2 d_{baut} \quad (20)$$

$$lhp = 1,5 b + 2 d_{baut} \quad (21)$$

Dimana :

P = Beban leg (lb)

l = Tinggi leg (m)

L = Jarak bejana ke permukaan tanah (m)

H = Tinggi total kolom (m)

bhp = Lebar *horizontal plate* (m)

lhp = Panjang *horizontal plate* (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain Tangki Fermentor

Fermentor adalah suatu alat industri berupa tangki yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses fermentasi. Pada proses pembuatan kombucha terdapat proses utama yaitu proses fermentasi dari teh hijau menjadi kombucha. Fermentor didesain dengan bentuk tangki silinder dilengkapi dengan 3 buah *nozzle*, *bucket strainer*, *thermocouple*, pH sensor, *leg* dan *lug*. Fermentor ini dirancang tanpa pengaduk dikarenakan tujuan utama dari tangki ini adalah proses fermentasi, dimana proses tersebut tidak memerlukan

pengaduk. Perancangan tangki fermentor kombucha ditujukan untuk proses fermentasi minuman, oleh karena itu memerlukan bahan dasar dengan syarat *food grade*, anti korosi serta kuat. Tangki fermentor ini berbahan dasar SA-240, *grade M, type 316 (high alloy steel)* dikarenakan pada tangki ini terjadi proses fermentasi untuk minuman kombucha maka diperlukan bahan yang tahan dari sifat korosi dan memiliki struktur penyusun yang kuat. Baja paduan tinggi (*high alloy steel*) merupakan baja paduan dengan kadar unsur paduan lebih dari 10% berat [18]. Pemilihan *standard dishedhead* sebagai tutup atas dan bawah tangki dipilih dikarenakan tekanan operasi rendah, harganya murah dan digunakan untuk tangki dengan diameter. Tangki fermentor akan dirancang dengan jumlah total 10 buah dikarenakan kapasitas produksi mencapai 2000 ton/tahun dan agar proses berjalan semi kontinyu spesifikasi fermentor dapat dilihat pada Tabel 1. Desain dari tangki fermentor dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 untuk dimensi dari tangki fermentor.

Data yang diperlukan dalam perhitungan perancangan tangki fermentor, meliputi waktu tinggal, tekanan, suhu operasi, *allowable stress* (f), faktor korosi, laju alir massa, dan bentuk dari tangki yang akan didesain. Pengkondisian suhu fermentasi pada pembuatan kombucha dari teh hijau yang diperlukan pada proses ini adalah 20-25°C dengan pH yang berubah-ubah tergantung seberapa lama fermentasi dilakukan [19]. Data dari densitas, viskositas dan waktu tinggal didapat dari percobaan skala laboratorium yang sudah dilakukan. Untuk nilai dari *allowable stress*, faktor korosi, dan bentuk tangki mengacu dari buku referensi yang digunakan [17]. Data tersebutlah yang digunakan dalam perhitungan perancangan tangki fermentor sehingga didapatkan hasil spesifikasi tangki fermentor seperti yang tertera pada Tabel 2.

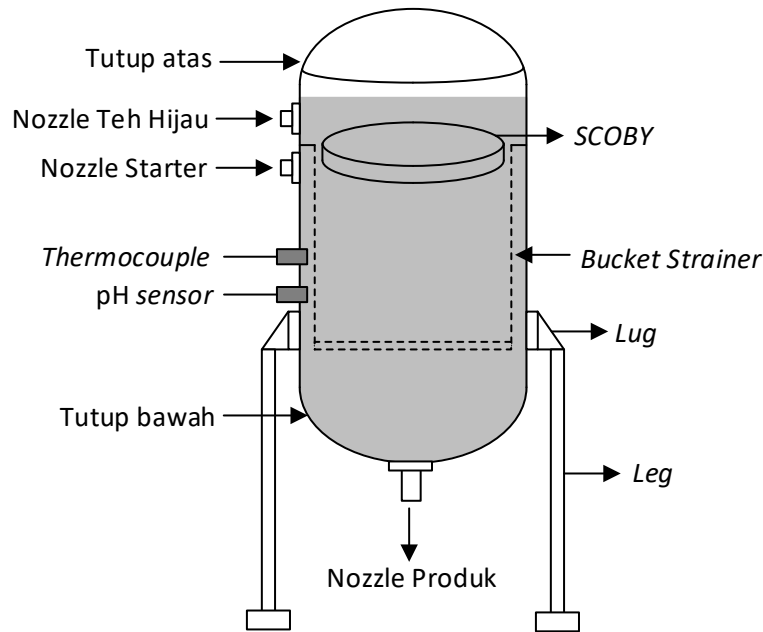
Tabel 2. Spesifikasi desain perancangan tangki fermentor pada proses produksi kombucha

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Volume <i>liquid</i> , ft ³	862 ft ²
2	Volume total, ft ³	1078 ft ²
3	Diameter	111,36 in
4	Tebal silinder	0,2421 in
5	Jumlah <i>leg</i>	4
6	Tinggi <i>leg</i>	135 in

Kemudian terdapat *bucket strainer* SCOBY, penambahan *bucket strainer* SCOBY pada tangki fermentor memiliki tujuan untuk mempermudah proses pemindahan SCOBY dengan spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi desain *bucket strainer* SCOBY pada proses produksi kombucha

Spesifikasi <i>Bucket strainer</i> SCOBY		
Dimensi	Nilai	Satuan
Panjang tali (kj)	102,038	in
Diameter <i>bucket strainer</i> (dj)	90,700	in
Bahan tali	<i>Cotton (3 Strand)</i>	
Bahan <i>bucket strainer</i>	<i>Extruded diamond plastic</i>	



Gambar 2. Desain tangki fermentor pada proses produksi kombucha

3.2. Desain Nozzle Tangki

Tangki fermentor dilengkapi dengan *nozzle* sebagai lubang keluar/masuk fluida. *Nozzle* merupakan suatu perangkat tambahan yang dirancang untuk mengontrol arah atau karakteristik dari aliran fluida saat keluar/masuk pada suatu ruang tertutup [20]. Pada tangki fermentor kombucha, digunakan 3 nozzle yang terdiri dari, dua *nozzle inlet* untuk masukan teh hijau dan *starter*, serta 1 buah *nozzle outlet* untuk keluaran produk kombucha. Data yang diperlukan dalam perhitungan perancangan *nozzle* tangki fermentor, meliputi viskositas, densitas, dan laju alir. Laju alir massa dari setiap inlet dan outlet didapat dari perhitungan neraca massa pada tangki fermentor. Densitas yang didapat dalam percobaan skala laboratorium digunakan untuk perhitungan *nozzle inlet* maupun *outlet*, viskositas digunakan untuk mengetahui *Number Reynolds* (*NRe*). Hasil desain ketiga *nozzle* pada tangki fermentor kombucha dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi desain *nozzle* fermentor pada proses produksi kombucha

Dimensi	Teh Hijau		Starter		Produk	
	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
Nominal pipe size	3 1/2	in	1 1/2	in	4	in
Inside diameter of standard wall pipe (B)	3,55	in	1,61	in	4,03	in
Diameter of hub at base (E)	4 13/16	in	2 9/16	in	5 5/16	in
Outside diameter of flange (A)	8 1/2	in	5	in	9	in
Thickness of flange, minimum (T)	15/16	in	1 1/16	in	1 5/16	in
Length through hub (L)	2 13/16	in	2 7/16	in	3	in
Outside diameter of raised face (R)	5 1/2	in	2 7/8	in	6 3/16	in
Diameter of hub at point welding (K)	4	in	1,9	in	4,5	in

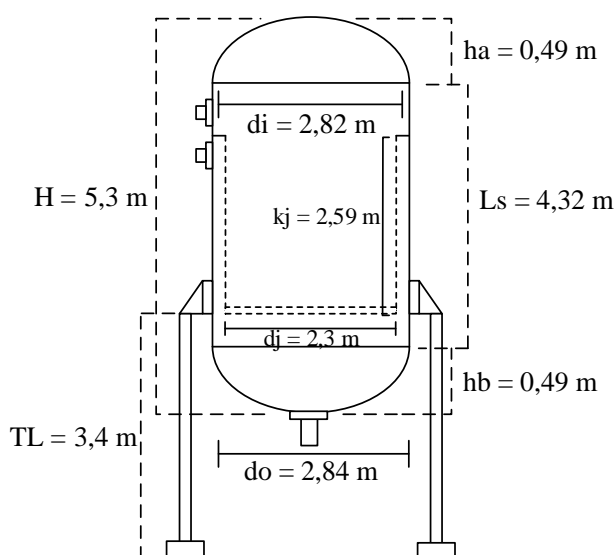
3.3. Desain Leg & Lug

Untuk menyangga berdirinya tangki fermentor kombucha, digunakan penyangga berupa *leg and lug*. Penyangga ini digunakan supaya tangki dapat berdiri dengan kokoh dan

sesuai dengan peruntukannya. *Leg* merupakan bagian kaki dari tangki, sedangkan *lug* merupakan sambungan penyangga yang menghubungkan *leg* dengan bagian silinder dari suatu bejana. Penyangga yang digunakan untuk menyangga tangki berjumlah 4 buah. Hal ini diharapkan tangki bisa berdiri dengan kokoh serta dapat tersangga dengan baik. Untuk spesifikasi dari *leg and lug* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi *Leg and Lug* Fermentor

Spesifikasi Leg and Lug		
Dimensi	Nilai	Satuan
Beban <i>leg</i>	18,57	lb
Tinggi <i>leg</i>	135	in
Jumlah <i>leg</i>	4	buah
Lebar <i>horizontal plate</i>	24	in
Panjang <i>horizontal plate</i>	14,8	in
Tebal <i>horizontal plate</i>	0,14	in
Diameter baut	2	in



Gambar 3. Dimensi Tangki Fermentor

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang sudah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk perancangan tangki fermentor pada proses yang terdapat dalam pembuatan kombucha dengan kapasitas 2000 ton/tahun adalah jenis tangki tanpa pengaduk dengan tambahan *bucket strainer* didalamnya, 2 *nozzle inlet* serta 1 *nozzle outlet* dan 4 buah *leg and lug*. Tangki ini diharapkan bisa untuk memproses fermentasi dengan aman dan standard yang ada. Spesifikasi tangki fermentor berdasarkan hasil perhitungan didapatkan jenis tangki dengan tutup atas dan bawah *standard dished head* dengan tinggi tutup atas 0,49 m, tutup bawah 0,49 m, tinggi tangki 5,3 m, diameter dalam 2,82 m, diameter luar tangki 2,84 m, serta ketinggian *leg* 3,4 m. Tujuan dari penambahan *bucket strainer* pada tangki fermentor yaitu dapat memudahkan pemindahan SCOBY yang digunakan dalam proses fermentasi kombucha dengan ketinggian *bucket strainer* 2,59 m dan diameter *bucket strainer* 2,3 m. Kemudian

terdapat *thermocouple* yang berfungsi untuk mengontrol suhu dan pH sensor yang berfungsi untuk mengontrol pH dari kombucha.

Beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perhitungan kapasitas produksi yang berbeda, penambahan yang perlu diberikan sesuai kebutuhan serta model dari tangki yang didesain beragam. Dari saran tersebut maka *point-point* tersebut dapat memengaruhi hasil dari perhitungan dalam perancangan tangki fermentor yang ada.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik, "Data Statistik Teh Indonesia 2022," vol. 16, 2023.
- [2] F. P. Linnarto, K. P. Gunawan, M. Setiadi, R. A. Ashyari, S. Lukman, "Teh Putih sebagai Alternatif Minuman Fungsional untuk Gaya Hidup Sehat," *Indonesia Business Review*, vol. 2, no. 1, hal. 139-159, 2019.
- [3] D. A. Putri, H. Komalasari, M. Ulpiana, A. Salsabila, dan A. R. Arianto, "Produksi Kombucha Teh Hitam Menggunakan Jenis Pemanis dan Lama Fermentasi," *Jurnal Kolaboratif Sains*, vol. 6, hal. 640-656, 2023.
- [4] N. P. Hassmy, J. Abidjulu, dan A. Yudistira, "Analisis Aktivitas Antioksidan Pada Teh Hijau Kombucha Berdasarkan Waktu Fermentasi yang Optimal," *Jurnal Ilmiah Farmasi*, vol. 6, no. 4, hal. 67-74, 2017.
- [5] V. Jamilah, "Pengaruh Variasi Konsentrasi Starter Terhadap Kualitas," *Universitas Islam Negeri Raden Lampung*, 2019.
- [6] P. N. Suhardini dan E. Zubaidah, "Studi Aktivitas Antioksidan Kombucha dari berbagai Jenis Daun Selama Fermentasi," *Jurnal Pangan dan Agroidustri*, vol. 4, no.1, hal. 221-229, 2016.
- [7] K. I. Purnami, A. A. G. N. A. Jambe, dan N. W. Wisaniyasa, "Pengaruh Jenis Teh Terhadap Karakteristik Teh Kombucha," *Jurnal Harian Regional*, vol.7, no.2, hal. 1-10, 2018.
- [8] A. Q. Chong, S. W. Lau, N. L. Chin, R. A. Talib, dan R. K. Basha, "Fermented Beverage Benefits: A Comprehensive Review and Comparison of Kombucha and Kefir Microbiome," *Microorganisms*, vol. 11, no. 5, 2023.
- [9] M. Deghrigue, J. Chriaa, H. Battikh, K. Abid, dan A. Bakhrouf, "African Journal of Microbiology Research Antiproliferative and Antimicrobial Activities of Kombucha Tea," *African Journal of Microbiology Research*, vol. 7, no. 27, hal. 3466–3470, 2014.
- [10] C. B. Dreyer dan J. F. Görgens, "Optimisation of a Simultaneous Saccharification and Fermentation Process for use with Steam Pretreated Sweet Sorghum Bagasse," *Thesis Faculty of Engineering at Stellenbosch University*, 2014.
- [11] D. Abdillah, "Uji Efektivitas Antihiperqlikemia Teh Kombucha Limbah Rambut Jagung (*Zea mays*)," *Skripsi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 2017.
- [12] A. N. Azizah, G. Cahya, E. Darma, dan F. Darusman, "Formulasi SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) dari Raw Kombucha Berdasarkan Perbandingan Media Pertumbuhan Larutan Gula dan Larutan Teh Gula," *Prosiding Farmasi Universitas Islam Bandung*, 2020.
- [13] A. Khamidah dan S. S. Antarlina, "Peluang Minuman Kombucha sebagai Pangan Fungsional," *Jurnal Ilmu Pertanian*, vol. 14, no. 2, hal. 184-200, 2020.

- [14] D. Wistiana dan E. Zubaidah, "Karakteristik Kimiawi dan Mikrobiologis Kombucha dari Berbagai Daun Tinggi Fenol Selama Fermentasi," *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 3, no. 4, hal. 1446-1457, 2015.
- [15] S. Chakravorty, S. Bhattacharya, A. Chatzinotas, W. Chakraborty, D. Bhattacharya, dan R. Gachhui, "Kombucha Tea Fermentation: Microbial and Biochemical Dynamics," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 220, hal. 63–72, 2016.
- [16] D. F. Al-Riza, R. Damayanti dan Y. Hendrawan, "Rancang Bangun Fermentor Yogurt dengan Sistem Kontrol Logika Fuzzy Menggunakan Mikrokontroler Atmega 32," *AGRITECH*, vol. 34, no.4, hal. 456-462, 2014.
- [17] Y. E. H. Brownell, "Process Equipment Design," *Library of Congress: Michigan, USA*, 1959.
- [18] A. Saputro, "Pengenalan Jenis Logam," *Skripsi Institut Teknologi Nasional*, 2020.
- [19] R. Adhitama, "Pengaruh Penambahan Variasi Konsentrasi Pemanis Stevia dan Lama Fermentasi Teh Hijau (*Camellia sinensis*) Terhadap Kualitas Teh Kombucha," *Skripsi Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung*, 2020.
- [20] D. Irawan, E. Nugroho, dan E. Widiyanto, "Pengaruh Jumlah *Nozzle* Terhadap Kinerja Turbin Pelton sebagai Pembangkit Listrik di Desa Sumber Agung Kecamatan Suoh Kabupaten Lampung Barat" *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, vol. 9, no. 2, hal. 265-269, 2020.