

BAB II

TINJAUAN LIETRATUR

2.1 Teori Perancangan

Perancangan berasal dari kata dasar ‘rancang’ dengan awalan per- dan akhiran -an (KBBI). Perancangan adalah penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi (Yakub, 2012). Sedangkan menurut Mohammad Subhan (2012), perancangan adalah pengembangan spesifikasi baru berdasarkan rekomendasi hasil analisis sistem. Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat diartikan bahwa perancangan adalah ide suatu rancangan yang di dapat dari hasil analisis sistem sebelumnya yang kemudian dikembangkan guna mendapat spesifikasi yang baru.

Secara umum, perancangan bertujuan untuk memberikan gambaran jelas dari sistem, alat, produk yang dirancang dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan lengkap. Perancangan dapat dirancang dalam bentuk bagan alir (*flowchart*) yang merupakan bentuk grafik yang dapat digunakan untuk menunjukkan urutan-urutan proses dari perancangan.

2.2 Metode Perancangan

Metode perancangan adalah suatu cara atau tahapan yang dilakukan dalam sebuah proses perancangan, metode ini dibutuhkan untuk memudahkan perancang dalam mengembangkan ide perancangan.^[3] Metode yang dilakukan berbeda-beda berdasarkan kebutuhannya, dalam merancang bangun fermentor anggur ini

menggunakan metode perancangan yang dikemukakan oleh Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz.

Tahapan metode perancangan oleh Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Mengumpulkan informasi atau data yang diperlukan sehingga pemecahan masalah dapat terperinci dan diselesaikan dengan baik, benar, dan terfokus.

2. Konsep Perancangan

Menemukan inti masalah untuk memperoleh konsep rancangan yang tepat dan optimal. Setelah itu, dilakukan evaluasi untuk menentukan nilai keseluruhan dari konsep yang dibuat.

3. Rancangan Tata Letak dan Bentuk

Hasil dari konsep perancangan kemudian direalisasikan ke dalam rancang bentuk dan tata letak berupa *lay out* yaitu gambaran rangkaian dan elemen suatu produk.

4. Rancangan Detail

Berupa prosentasi mengenai hasil rancangan dalam bentuk gambar teknik, spesifikasi teknis, dan proses pembuatan alat.

2.3 Deskripsi Fermentor

Fermentor adalah sebuah alat yang di definisikan sebagai wadah untuk menjalankan suatu proses fermentasi. Fermentor merupakan salah satu jenis bioreaktor yang digunakan untuk memfasilitasi jenis reaksi biokimia tertentu.^[4] Pada tahun 1914 alat ini dikembangkan oleh seorang ilmuwan bernama Chain Weizmann untuk

memproduksi aseton. Sejak pentingnya kondisi aseptik dalam fermentor, langkah-langkah yang diambil untuk merancang perpipaan, sambungan dan katup dalam fermentor harus dalam kondisi steril agar produk yang sedang dibuat bebas kontaminasi.

Berdasarkan skala produksi, fermentor untuk skala industri mempunyai kapasitas yang besar dan dilengkapi dengan peralatan mekanik, elektrik, bahkan beberapa diantaranya dilengkapi dengan sistem yang berfungsi untuk mengontrol parameter yang berpengaruh terhadap tujuan akhir fermentasi. Sedangkan fermentor untuk skala rumahan, desain dan konstruksi fermentor lebih sederhana, peralatan yang digunakan tidak selengkap skala industri namun cukup untuk mendukung proses fermentasi.^[5] Fermentor skala rumahan biasanya dilengkapi dengan peralatan eksternal yang berfungsi mengontrol parameter proses fermentasi. Suatu fermentor memiliki beberapa persyaratan umum, seperti:

- a. Sifat mekaniknya tahan lama
- b. Dapat dioperasikan
- c. Memungkinkan pengambilan sampel ketika proses berlangsung.
- d. Mempunyai mekanisme kontrol terhadap suhu, pH, oksigen terlarut, sistem agitasi, kadar alkohol, dsb.

Selain itu, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian fermentor anggur yaitu:

- a. Fermentor harus terjaga kebersihannya agar steril, bebas kontaminasi, dan terhindar dari pertumbuhan mikroba pathogen.
- b. Tidak terdapat lekukan di permukaan alat yang dapat menyebabkan pengumpulan sisa-sisa cairan maupun kotoran.

- c. Diberikan perhatian khusus pada titik-titik kontak antara udara luar dengan fermentor, misalnya pada tempat pengambilan sampel, tutup tabung, *air lock*, dan beberapa sambungan.

2.4 Jenis-jenis Fermentor

Dalam industri pembuatan *wine*, ada beberapa poin utama yang perlu dipertimbangkan sebelum memilih fermentor. Yang paling penting adalah jenis *wine* yang akan dibuat dan skala produksi yang direncanakan karena akan menentukan fermentor apa yang akan dipilih agar cocok untuk membuat *wine* tersebut. Berikut adalah jenis-jenis fermentor.

2.4.1 Glass Carboys

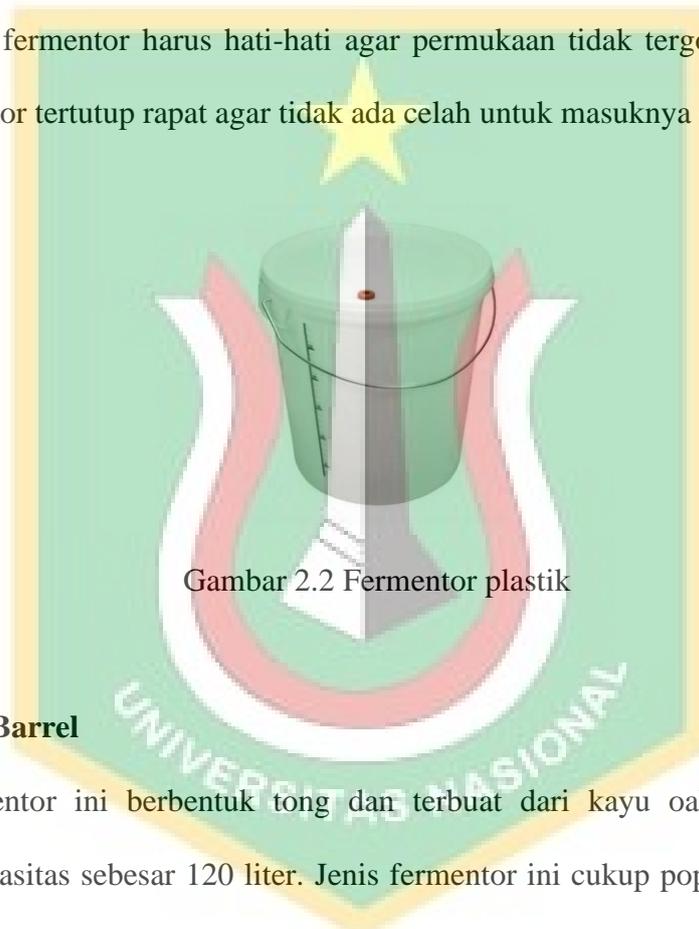
Juga disebut sebagai *Demijohns*, yaitu sebuah fermentor berbahan kaca dengan ukuran tabung yang besar dan leher tabung yang pendek dan kecil. *Glass Carboys* memiliki kapasitas mulai dari 6 sampai 20 liter. *Glass Carboys* yang berukuran besar dilindungi oleh keranjang anyaman yang berfungsi untuk mengurangi cahaya masuk.



Gambar 2.1 *Glass Carboys*

2.4.2 Plastic Fermenter

Fermentor ini berbahan plastik *food grade* dengan kapasitas 20 hingga 50 liter. Fermentor plastik ini berbentuk seperti ember dan jenis ini cocok untuk pembuat *wine* pemula dan profesional. Jenis fermentor ini dapat digunakan untuk pembuatan *wine* dengan proses fermentasi secara kontinyu karena bagian atas lebar dan mudah dibuka. Beberapa hal yang perlu diperhatikan saat menggunakan fermentor ini yaitu proses pembersihan fermentor harus hati-hati agar permukaan tidak tergores dan pastikan tutup fermentor tertutup rapat agar tidak ada celah untuk masuknya oksigen.



Gambar 2.2 Fermentor plastik

2.4.3 Oak Barrel

Fermentor ini berbentuk tong dan terbuat dari kayu oak. Fermentor ini memiliki kapasitas sebesar 120 liter. Jenis fermentor ini cukup populer dan hadir di sebagian besar kilang anggur di seluruh dunia. Sifat kayu yang berpori memungkinkan molekul udara masuk dan menghasilkan oksigenasi mikro. Pada saat yang sama, *must* menguap dan menghasilkan konsentrasi anggur. Fermentor ini dapat mempengaruhi rasa *wine* yang disimpan di dalamnya. Tong kayu oak adalah fermentor *wine* khusus

dan bagus untuk memfermentasi varietas anggur seperti *Chardonnay* dan putih lainnya yang bisa menggunakan sifat sensorik kayu oak.



Gambar 2.3 *Oak Barrel*

2.4.4 **Stainless Steel Tank**

Stainless steel tank adalah jenis fermentor yang paling populer untuk pembuatan anggur. Fermentor ini terbuat dari *stainless steel food grade*, pada umumnya digunakan jenis SS304 dan mempunyai variasi ukuran tergantung banyaknya anggur yang akan diproduksi. Ada beberapa alasan mengapa fermentor ini menjadi sangat populer, karena material ini aman untuk makanan dan minuman, memiliki ketahanan yang bagus terhadap korosi, higienis, serta mudah di bersihkan. Selain itu, beberapa fermentor diberi parameter untuk mengontrol proses fermentasi.



Gambar 2.4 *Stainless steel tank*

Selain itu, *stainless steel tank* adalah wadah fermentasi paling serbaguna. Fermentor ini dapat didesain untuk pembuatan anggur skala industri dan rumahan. Yang membedakan adalah kapasitas dan mekanisme untuk mengontrol parameter yang berpengaruh terhadap tujuan akhir fermentasi.



Gambar 2.5 *Homebrew Fermentor*

2.4.5 Clay Pot

Clay pot (pot tanah liat) adalah wadah fermentasi anggur tertua yang diketahui. Fermentor ini digunakan di hampir setiap peradaban kuno, termasuk Yunani, Romawi, Mesir, dan Canaanites. Seperti kayu oak dalam *oak barrel*, tanah liat berpori membiarkan oksigen masuk ke dalam tabung. Hal ini juga memungkinkan sejumlah kecil cairan yang disimpan menguap dan menghasilkan *wine* yang lebih pekat.



Gambar 2.6 *Clay pot*

2.5 Perancangan Fermentor Anggur

Dalam merancang fermentor anggur, terdapat enam hal yang perlu diperhatikan yaitu jenis *wine* yang akan dibuat, proses fermentasi yang dilakukan, tempat keluar gas hasil fermentasi, saluran, skala produksi *wine*, dan material yang akan digunakan untuk membuat fermentor.^[5,6]

2.5.1 Wine

Wine adalah minuman beralkohol yang dibuat dari sari buah anggur (*must*) yang dibuat melalui fermentasi gula yang ada di dalam buah anggur. Khamir yang biasa digunakan pada pembuatan *wine* adalah *Saccharomyces Cerevisiae* yang akan mengubah gula menjadi alkohol pada proses fermentasi.^[7] Ada beberapa jenis *wine* yaitu *red wine*, *white wine*, *rose wine*, *sparkling wine*, *sweet wine*, dan *fortified wine*. Di dalam penelitian ini, jenis *wine* yang akan dibuat adalah *red wine*. Varietas anggur yang digunakan untuk membuat *red wine* ini adalah anggur bali dengan nama ilmiah *Vitis Vinivera L var Alphonse Lavallee*.

2.5.2 Fermentasi

Fermentasi berasal dari kata *fervere* (latin) yang berarti mendidih, menggambarkan aksi ragi pada ekstrak buah selama pembuatan minuman beralkohol. Menurut Wibowo (1990) Fermentasi adalah pembentukan energi melalui senyawa organik, sedangkan aplikasinya ke dalam industri, fermentasi diartikan sebagai proses untuk mengubah bahan dasar menjadi suatu produk oleh massa sel mikroorganisme. Berdasarkan pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan

bantuan mikroba. Produk-produk tersebut biasanya berupa makanan dan minuman, asam, aseton, dan vitamin.

Ada tiga jenis fermentasi yaitu:

- a. Fermentasi alkohol, fermentasi alkohol merupakan suatu reaksi perubahan glukosa menjadi alkohol dan karbon dioksida. Jenis mikroba yang berperan yaitu *Saccharomyces Cerevisiae* untuk pembuatan tape, roti, atau minuman keras.^[8]
- b. Fermentasi Asam Laktat, fermentasi asam laktat adalah fermentasi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mengolah beberapa jenis makanan, mulai dari susu, biji-bijian, hingga buah dan sayuran. Bakteri asam laktat kemudian akan memecah gula dalam makanan menjadi asam laktat dan karbon dioksida. Zat tersebut membuat oksigen di dalam wadah berkurang dan membuat makanan menjadi asam. Produk yang dihasilkan berupa kimchi, acar, tempe.^[8]
- c. Fermentasi Asam Cuka, fermentasi asam cuka merupakan suatu contoh fermentasi yang berlangsung dalam keadaan aerob. Fermentasi ini dilakukan oleh bakteri asam cuka (*acetobacter aceti*) dengan substrat etanol. Energi yang dihasilkan 5 kali lebih besar dari energi yang dihasilkan oleh fermentasi alkohol secara anaerob.^[8]

Fermentasi mempunyai dua sifat, yaitu aerob (memerlukan oksigen) dan anaerob (tidak memerlukan oksigen). Proses fermentasi cair jika ditinjau berdasarkan cara operasinya, dapat dibedakan menjadi dua yaitu kultur permukaan (*surface fermentation*) dan kultur terendam (*submerged fermentation*). Medium pada kultur

permukaan dapat berupa medium padat, semi padat, atau cair. Sedangkan pada kultur terendam, medium yang digunakan yaitu medium cair.^[9]

Pada sistem kultur terendam (*submerged fermentation*) dapat digolongkan lagi menjadi beberapa cara, diantaranya:

- a. Fermentasi sistem tertutup (*batch process fermentation*), Menurut Iman (2008) Batch Process Fermentation merupakan fermentasi dengan cara memasukan media dan inokulum secara bersamaan ke dalam bioreactor dan pengambilan produk dilakukan pada akhir fermentasi.
- b. Fermentasi kontinyu (*continue process fermentation*), adalah proses fermentasi dengan cara penambahan substrat dan pengambilan produk yang dilakukan secara terus menerus (kontinyu) setelah memperoleh konsentrasi produk yang maksimal atau substrat pembatasnya mencapai konsentrasi yang hampir tetap (Rusmana, 2008).
- c. Fermentasi gabungan (*fed-batch process fermentation*) adalah fermentasi yang menambahkan media baru secara teratur pada kultur tertutup, tanpa mengeluarkan cairan kultur yang ada di dalam fermentor sehingga volume kultur makin lama makin bertambah (Tri Widjaja, 2010).

Berdasarkan penjelasan fermentasi tersebut, dapat disimpulkan dalam pembuatan *red wine* ini, jenis fermentasi yang dilakukan yaitu fermentasi alkohol dengan kultur terendam sistem tertutup tanpa pasokan udara (anaerob).

2.5.3 Tempat Keluar Gas Hasil Fermentasi

Jika di dalam fermentor tidak ada tempat untuk keluar gas, maka gas akan terperangkap dan dapat terjadi ledakan karena tekanan gas di dalam wadah terlalu

tinggi. Fermentor yang dirancang mempunyai tempat keluar gas berupa lubang yang dilengkapi dengan alat bernama *air lock*. Alat ini berfungsi untuk mengeluarkan gas hasil fermentasi dari dalam tabung, tetapi udara luar tidak bisa masuk ke dalam tabung.

2.5.4 Saluran

Fermentor memiliki saluran untuk membuang atau mengeluarkan *wine* dari dalam tabung. Saluran ini berupa rangkaian yang terdiri dari *ball valve*, pipa nepel, *elbow*, pipa *socket*, dan *hose nipple*. Pada fermentor anggur yang dirancang, terdapat dua saluran yang digunakan yaitu saluran buang dan saluran sampel.

2.5.5 Skala Produksi

Skala produksi pada *wine* terbagi menjadi dua, yaitu skala industri dan skala rumahan. Pada skala industri, fermentor yang digunakan adalah fermentor dengan kapasitas 15 sampai 120 *barrel* (US) yang dilengkapi oleh peralatan dan sistem yang berfungsi untuk mengontrol parameter yang berpengaruh terhadap tujuan akhir fermentasi. Pada skala rumahan, fermentor yang biasa digunakan adalah fermentor dengan kapasitas 5 sampai 30 liter. Fermentor ini dilengkapi oleh peralatan yang berfungsi untuk mengontrol parameter proses fermentasi yang terbatas, maka dari itu peralatan eksternal sangat diperlukan seperti alat pengukur kadar alkohol.

Fermentor anggur yang dirancang pada tugas akhir ini adalah fermentor yang skala produksinya ditargetkan sebanyak 20 liter. Maka, skala produksi yang digunakan yaitu skala rumahan dengan peralatan yang berfungsi mengontrol parameter proses fermentasi.

2.5.6 Material

Material yang digunakan untuk membuat alat ini adalah *stainless steel* 304. Pemilihan material *stainless steel* 304 lebih aman untuk makanan dan minuman memiliki ketahanan yang bagus terhadap korosi, higienis, serta mudah dibersihkan. *Stainless steel* atau baja tahan karat adalah baja paduan yang memiliki sifat ketahanan terhadap pengaruh oksidasi dan korosi. *Stainless steel* merupakan logam paduan dari beberapa unsur logam yang dipadukan dengan komposisi tertentu yang secara luas digunakan dalam industri kimia, makanan dan minuman, industri yang berhubungan dengan air laut dan semua industri yang memerlukan ketahanan korosi (Raharjo, 2015).

Stainless steel 304 mengandung unsur kromium antara 15-20% dan nikel antara 2-10,5%. Material ini dikenal dengan sifat austenitik. Pada tahun 1924, *William Herbert Hatfield* mengembangkan komposisi *stainless steel* 304 dengan nama *staybrite* 18/8. Dalam industri peralatan masak komersial, paduan ini dikenal juga dengan nama baja tahan karat 18/8. Di Jepang bahan ini disebut dengan SUS304 sementara dalam penomoran Eropa disebut 1,4301.

2.6 Komponen Fermentor Anggur

Dalam merancang suatu alat, diperlukan komponen yang terdiri dari beberapa bagian yang memiliki fungsi dan kegunaan masing-masing. Bagian tersebut dirancang dan disusun menjadi satu kesatuan yang memiliki kegunaan dan memenuhi kebutuhan yang diharapkan. Berdasarkan tujuan tersebut, pada bagian ini akan diberikan uraian tentang komponen-komponen yang terkait, sehingga diperoleh landasan yang kuat untuk merancang suatu alat.^[10]

2.6.1 Tabung

Tabung merupakan suatu bangun ruang yang disusun oleh 3 buah sisi yakni 2 buah lingkaran yang memiliki ukuran sama serta 1 segiempat yang menyelimuti atau mengelilingi kedua lingkaran itu. Tabung juga kerap disebut sebagai silinder.

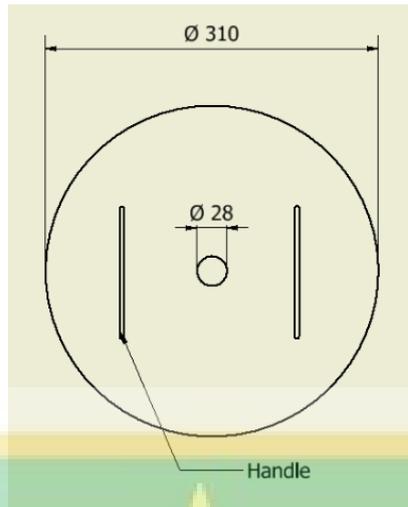


Gambar 2.7 Tabung

Tabung berfungsi sebagai tempat menampung sari anggur. Bahan yang digunakan untuk tabung yaitu pipa *stainless steel 304* diameter 10 inchi sch. 10, tinggi 475 mm, dan tebal 3 mm. Bagian bawah tabung berbentuk kerucut agar sisa hasil proses fermentasi yang terkumpul di bawah tabung akan mengendap, selanjutnya endapan tersebut dapat dibuang dengan cara membuka keran buang sampai endapan tersebut habis. Tekanan atmosfer yang bekerja pada tabung ialah 76 kg/cm^2 .

2.6.2 Tutup Tabung

Tutup tabung berfungsi untuk menutup bagian atas tabung. Tutup tabung terbuat dari plat *stainless steel 304* dengan diameter 310 mm dan tebal 4 mm.



Gambar 2.8 Tutup tabung

Pada bagian tutup tabung, terdapat *handle* dan lubang di bagian tengah untuk tempat *air lock*. Untuk mekanisme pengunci, tutup tabung dilengkapi dengan *silicone ring* dan *locking clamp*.

2.6.3 Locking Clamp

Locking clamp adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengunci sebuah komponen yang saling terhubung. Dalam fermentor anggur, jumlah *locking clamp* yang digunakan sebanyak 3 buah dan berfungsi untuk mengunci tutup tabung dengan tabung.



Gambar 2.9 Locking clamp

2.6.4 Air Lock

Air lock merupakan rangkaian alat penutup wadah yang digunakan untuk keperluan fermentasi, seperti membuat pupuk organik cair, membuat mol cara fermentasi, membuat *eco enzyme*, membuat *classic enzyme*, dan membuat minuman anggur (*wine*). Prinsip kerja alat ini adalah senyawa yang dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme di dalam tabung bisa keluar tetapi udara dari luar tidak bisa masuk.



Gambar 2.10 *Air lock*

2.6.5 Termometer

Termometer adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengukur temperatur. Dalam pembuatan *wine*, alat ini berfungsi mengukur suhu *wine* saat proses fermentasi berlangsung. Jenis termometer yang digunakan yaitu *Dial Thermometer* dengan diameter 80 mm dan panjang lengan ukur 100 mm.



Gambar 2.11 *Dial Thermometer*

2.6.6 Keran

Keran adalah sebuah katup yang berfungsi untuk mengontrol laju aliran fluida. Keran mempunyai banyak jenis dan ukuran sesuai kebutuhan.

2.6.6.1 Keran Buang

Keran buang berfungsi untuk mengalirkan endapan *yeast* dan anggur keluar dari dalam tabung. Jenis keran yang digunakan yaitu *ball valve* berbahan *stainless steel* 316 dengan ukuran $\frac{1}{2}$ inchi. Dalam perakitannya, keran akan disambung dengan elbow ukuran $\frac{1}{2}$ inchi sudut kemiringan 90° yang selanjutnya disambungkan ke pipa nepel pada bagian bawah tabung. Terakhir, bagian depan keran dipasang *hose nipple* ukuran $\frac{1}{2}$ inchi.



Gambar 2.12 Rangkaian keran buang

2.6.6.2 Keran Sampel

Keran sampel berfungsi untuk mengambil sampel anggur saat proses fermentasi berlangsung maupun sudah selesai. Jenis keran yang digunakan yaitu *ball valve* berbahan *stainless steel* 316 dengan ukuran $\frac{1}{4}$ inchi. Dalam perakitannya, keran

akan disambung dengan pipa *socket* ukuran $\frac{1}{4}$ inci dan pipa nepel ukuran $\frac{1}{4}$ inci panjang 100 mm. Bagian depan keran dipasang *hose nipple* ukuran $\frac{1}{4}$ inci.



Gambar 2.13 Rangkaian keran sampel

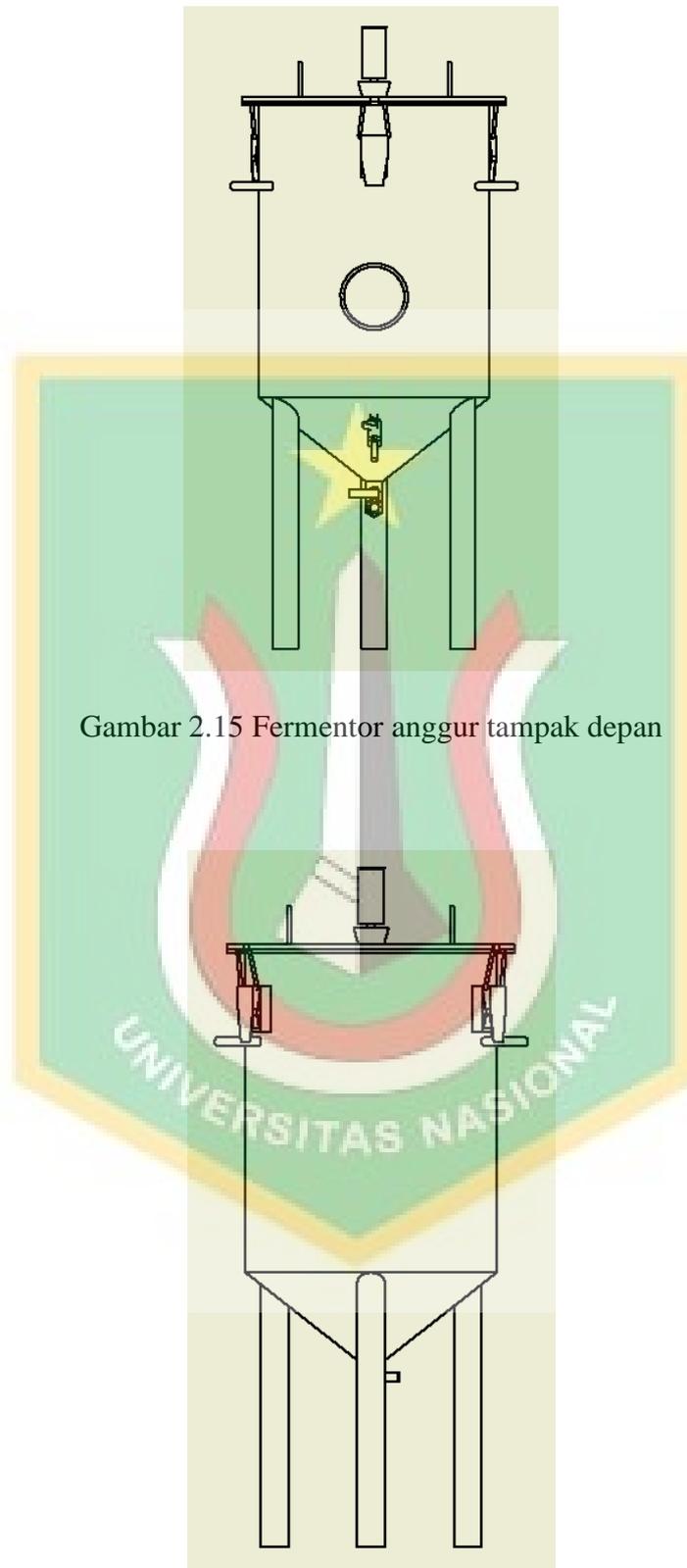
2.6.7 Kaki Tabung

Kaki tabung berfungsi sebagai penopang fermentor anggur. Kaki tabung berjumlah 3 buah dan terbuat dari pipa *stainless steel* 304 sch. 10 dengan diameter luar 30 mm, diameter dalam 27 mm, tinggi 300 mm, dan tebal 3 mm.



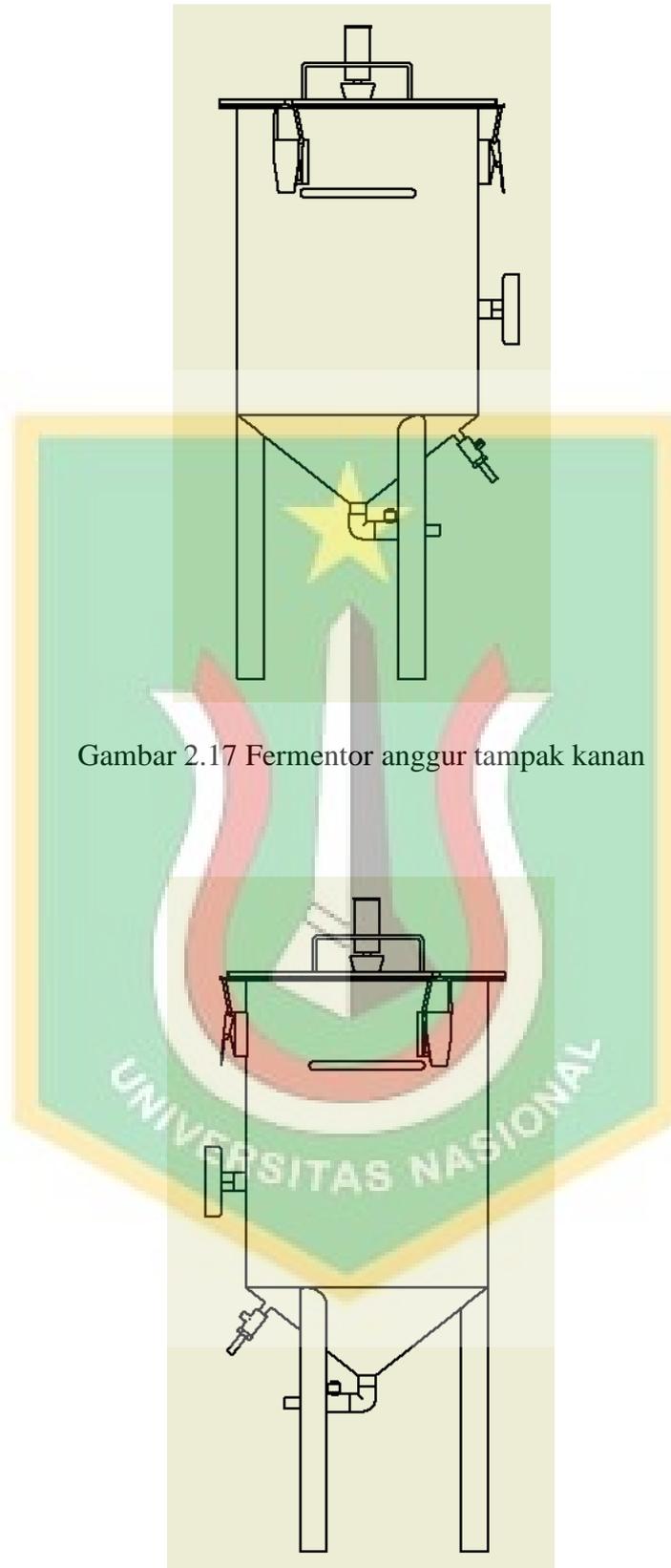
Gambar 2.14 Kaki tabung

2.7 Sketsa Alat



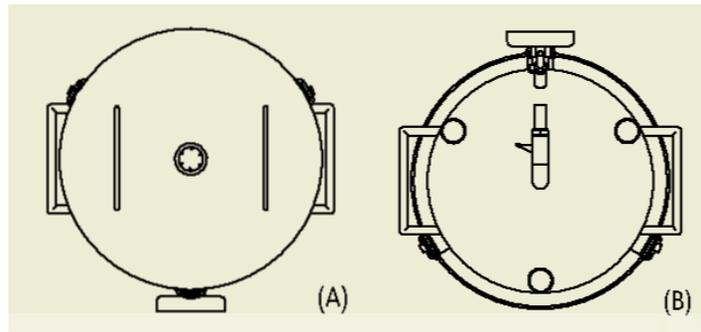
Gambar 2.15 Fermentor anggur tampak depan

Gambar 2.16 Fermentor anggur tampak belakang



Gambar 2.17 Fermentor anggur tampak kanan

Gambar 2.18 Fermentor anggur tampak kiri



Gambar 2.19 Fermentor anggur tampak atas (A) dan tampak bawah (B)



Gambar 2.20 Sketsa fermentor anggur

Keterangan:

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| 1. <i>Air Lock</i> | 6. Tabung |
| 2. <i>Handle</i> tutup tabung | 7. Termometer |
| 3. Tutup tabung | 8. Keran sampel |
| 4. <i>Locking clamp</i> | 9. Keran buang |
| 5. <i>Handle</i> tabung | 10. Kaki tabung |

2.8 Cara Kerja Fermentor Anggur

Adapun cara kerja fermentor sebagai berikut:

- a. Masukkan jus anggur beserta *starter* ke dalam tabung (6).
- b. Pasang tutup tabung (3) dan pastikan *locking clamps* (4) mengunci dengan baik.
- c. Pasang *air lock* (1) dengan benar dan rapat agar selama proses fermentasi tidak ada udara yang masuk ke dalam tabung.
- d. Proses fermentasi akan berlangsung selama 7-10 hari, pengecekan rutin dilakukan untuk keberhasilan proses fermentasi. Pada alat ini, *air lock* (1) berfungsi untuk mendistribusikan CO₂ keluar tabung (6), termometer (7) berfungsi untuk mengukur suhu, keran sampel (8) berfungsi untuk mengambil sampel *wine*.
- e. Jika proses fermentasi telah selesai, buka keran buang (9) untuk mengalirkan *wine* keluar dari dalam tabung (6).

2.9 Rumusan Perhitungan Perancangan

2.9.1 Perhitungan Kapasitas Tabung

Karena memproduksi menggunakan buah anggur berjumlah 7,5 kg, maka perhitungan yang dilakukan adalah:

- a. Massa jenis buah anggur.

Massa jenis buah anggur dicari menggunakan metode menghitung massa jenis benda tak beraturan.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

$$V = V_{\text{akhir}} - V_{\text{awal}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

ρ = Massa jenis (kg/liter)

m = Massa (kg)

V = Volume buah anggur (liter)

b. Konversi massa anggur (kg) ke (lt).

$$V_{\text{liter}} = \frac{m}{\rho} \quad (2.3)$$

Keterangan:

ρ = Massa jenis (kg/liter)

m = Massa (kg)

V_{liter} = Volume (liter)

Karena bagian bawah tabung berbentuk kerucut, maka persamaan-persamaan yang digunakan dalam perencanaan tabung adalah:

a. Volume Tabung

$$V_1 = \pi \times r^2 \times t \quad (2.4)$$

Keterangan:

V_1 = Volume tabung (cm³)

r^2 = Jari-jari tabung (cm)

t = Tinggi (cm)

b. Volume Kerucut

$$V_2 = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times t \quad (2.5)$$

Keterangan:

V_2 = Volume kerucut (cm^3)

r^2 = Jari-jari kerucut (cm)

t = tinggi (cm)

c. Volume Total

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 \quad (2.6)$$

Keterangan:

V_{total} = Volume total (cm^3)

V_1 = Volume tabung (cm^3)

V_2 = Volume kerucut (cm^3)

d. Volume dalam liter

$$V = V_{\text{total}} \times \frac{1}{1000} \quad (2.7)$$

Keterangan:

V_{liter} = Volume (liter)

V_{total} = Volume total (cm^3)



2.9.2 Perhitungan Kekuatan Kaki Tabung

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kekuatan kaki tabung adalah:

a. Tegangan tekan kaki tabung.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.8)$$

$$F = (m_1 + m_2) \times g \quad (2.9)$$

$$A = 2 \times \pi \times r (r + h) \quad (2.10)$$

Keterangan:

σ = Tegangan tekan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas permukaan (mm²)

m₁ = Massa alat (kg)

m₂ = Massa anggur yang akan diproduksi (kg)

g = Nilai konstanta gravitasi (9,81 m/s²)

r = Jari-jari kaki tabung (mm)

h = Tinggi kaki tabung (mm)

b. Tegangan tekan yang terjadi.

$$\sigma_x = \frac{W}{A} \quad (2.11)$$

$$W = m_1 + m_2 \quad (2.12)$$

Keterangan:

σ_x = Tegangan tekan yang terjadi (N/mm²)

W = Massa yang bekerja pada alat (kg)

A = Luas permukaan (mm²)

c. Tegangan yang diizinkan.

$$\bar{\sigma}_{izin} = \frac{\sigma_u}{S_f}$$

(2.13)

Keterangan:

σ_u = Tegangan tarik (N/mm²)

S_f = Faktor keamanan

