

1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

PT Multi Bintang Indonesia, Tbk. merupakan salah satu perusahaan multinasional yang berkembang dengan pesat di Indonesia, bergerak di bidang industri minuman beralkohol dan *soft drink*. Produk bir yang diproduksi bervariasi, dengan salah satu produk yang paling dikenal oleh masyarakat adalah bir Bintang. Di Indonesia, perusahaan yang berada di bawah naungan Heineken's Beer Netherlands ini memiliki dua *brewery* besar yang berlokasi di Kota Tangerang dan di Sampang Agung, Kabupaten Mojokerto. PT Multi Bintang Indonesia, Tbk. *plant* Sampang Agung merupakan salah satu *brewery* terbesar se Asia Tenggara yang memproduksi jenis bir "Bintang Pilsener" dengan 3 ukuran kemasan yang berbeda, yakni dengan ukuran 330 ml (*pint*), 620 ml (*bremer*) dan 30 Liter (*keg/barrel*) dengan kandungan alkohol sekitar 4,67% (v/v).

Dalam proses pembuatan bir Bintang secara umum, diperlukan dua jenis bahan baku berdasarkan kegunaannya, yaitu bahan baku utama dan bahan baku tambahan (*adjuncts*). Bahan baku utama terdiri atas *malt* (A-*malt* dan C-*malt*), *barley*, *yeast* dan air. Bahan baku yang ditambahkan terdiri atas *hops*, gula, *roasted malt*, CaCl_2 , dan ZnCl_2 .

Pada proses produksi bir Bintang, terdapat beberapa hal yang menjadi fokus permasalahan. Beberapa diantaranya adalah proses produksi yang efisien, prosedur pelaksanaan yang mengikuti standar keamanan yang berlaku, serta meminimalisir peningkatan biaya produksi dalam jangka panjang tanpa mengubah kualitas produk.

Beberapa alternatif penyelesaian masalah yang sudah diterapkan diantaranya adalah penggunaan program yang mengatur sistematisasi proses produksi sehingga proses berjalan dengan lebih efisien, serta penyusunan *standard operational procedure* (SOP) yang memprioritaskan keamanan selama kegiatan produksi berlangsung.

Penelitian ini akan berfokus pada penggunaan jenis gula pada produksi bir Bintang. Gula merupakan bahan tambahan dalam proses pembuatan bir, yang tidak hanya berkontribusi sebagai substrat selama proses fermentasi, tetapi juga sebagai pemberi rasa dan aroma manis di dalam produk yang dihasilkan. Jenis gula yang digunakan dalam proses produksi bir Bintang adalah sukrosa dalam sediaan gula pasir (*crystal sugar*). Penggunaan gula pasir dalam jangka panjang akan berpengaruh terhadap peningkatan biaya bahan baku yang digunakan. Oleh karena itu, sesuai dengan visi, misi, dan nilai-nilai perusahaan, PT Multi Bintang Indonesia selalu berinovasi dalam mempertahankan kualitas produk namun dengan biaya produksi yang lebih rendah. Salah satu upaya yang digunakan adalah mengurangi biaya bahan baku tambahan yang digunakan, yaitu dengan menggunakan *liquid sugar* atau gula cair sebagai pengganti gula pasir. Beberapa alternatif yang pernah dilakukan sebelumnya dalam proses produksi bir secara umum adalah penggunaan sirup maltosa dan sirup glukosa sebagai pengganti gula pasir.

Pada penelitian ini, jenis gula yang digunakan sebagai pengganti gula pasir adalah sukrosa dalam sediaan cair (*liquid sugar*). Pada proses pembuatannya, *liquid sugar* memiliki tahapan produksi yang lebih singkat dibandingkan dengan gula pasir, sehingga biaya produksi dan harga jualnya lebih murah jika dibandingkan dengan gula pasir. Pada hakikatnya, gula yang digunakan dalam produksi bir dan dalam penelitian ini merupakan jenis gula yang sama (sukrosa) dalam sediaan yang berbeda. Alasan dari penggunaan sukrosa adalah karena sukrosa merupakan salah satu jenis gula yang paling sering digunakan dalam proses pembuatan bir dikarenakan solubilitas yang tinggi serta *unfermentable sugar* yang sedikit (<5%). Dalam penelitian kali ini, akan dilakukan percobaan terhadap resep baru dengan menggunakan *liquid sugar* dengan total padatan 67%. Selanjutnya, efek yang ditimbulkan dari perubahan jenis gula yang digunakan dalam penelitian ini terhadap parameter mutu yang berlaku diamati dan diteliti, dari awal proses pembuatan *wort* hingga produk akhir telah dikemas. Pada penelitian ini, resep yang menggunakan gula pasir disebut sebagai *crystal sugar recipe*, dan resep yang menggunakan gula cair 67% disebut sebagai *liquid sugar recipe*.

1.2. TINJAUAN PUSTAKA

1.2.1. Bir

Bir merupakan salah satu minuman tertua di dunia yang dikenal oleh umat manusia (Kunze, 2004). Pada mulanya, bir dihasilkan dari fermentasi air, sereal dan *hops* sebagai pemberi cita rasa. Kemudian ilmuwan menemukan cara untuk menggunakan *yeast* untuk meminimalisir kontaminan pada bir. Sampai sekarang proses pembuatan bir menggunakan empat bahan utama, yaitu air, *yeast*, *barley* dan *malt*, serta bahan tambahan seperti *hops* dan gula sebagai perisa. Berdasarkan karakter *yeast* saat proses fermentasi berlangsung, bir dibagi menjadi dua kategori, yaitu *top fermented beer* dan *bottom fermented beer*. *Top fermented beers* terdiri atas *ales*, *stouts*, *porters*, dan *wheat beers*. *Bottom fermented beers* terdiri atas *lagers*, *dark lagers*, *pilsner*, *bocks*, dan *märzen* (Viking Malt, 2017).

Berdasarkan “*Tabulation of Alcohol Content of Beer and Malt Beverage*” (Case *et al.*, 2000), kadar alkohol pada bir dan minuman *malt* lainnya berkisar antara 3-6% v/v. Berdasarkan data konsumsi tiga tahun terakhir, tingkat konsumsi bir secara global terus meningkat. Pada tahun 2019, konsumsi bir telah mencapai 189.189 juta liter, dengan kenaikan sebesar 0,56% dari tahun 2018 (Statista, 2019).

Peningkatan konsumsi bir perlu diimbangi dengan peningkatan produktivitas bir. Menurut Pidocke *et al.* (2009), *high gravity brewing* dapat menjadi alternatif untuk mengembangkan proses produksi. Berdasarkan Stewart (2009), *high gravity brewing* merupakan proses pembuatan bir dengan mengkondisikan *wort* pada konsentrasi yang lebih tinggi (15-20°P) sehingga akan diperoleh bir dengan konsentrasi dan kadar alkohol yang lebih tinggi. Kemudian bir akan dilarutkan dengan air untuk mencapai produk akhir yang sesuai dengan produk yang dipasarkan.

Plato ($^{\circ}\text{P}$) merupakan satuan yang menunjukkan konsentrasi ekstrak (turunan gula dari *malt* dan padatan terlarut) dalam *wort*, dan dapat didefinisikan sebagai *gravity unit* (Beer & Brewing, 2019). Oleh karena itu, untuk mencapai *high gravity brewing*, perlu ditambahkan bahan penunjang seperti gula untuk meningkatkan ekstrak pada *wort*.

1.2.2. Bahan Baku

Dalam proses pembuatan bir, bahan baku yang digunakan dibedakan menjadi 2 kategori, yaitu bahan baku utama dan bahan baku tambahan (*adjuncts*). Bahan baku utama yang digunakan terdiri atas:

- Air
Air merupakan salah satu komponen penyusun utama dalam bir, dengan persentase sekitar 95% dari produk akhir. Kualitas air yang digunakan oleh produsen bir akan berpengaruh terhadap produk akhir yang dihasilkan. Berbagai garam dan mineral yang terkandung di dalam bir berperan dalam memperkuat *flavour* tertentu di dalam bir, dan terkadang berperan dalam memperkuat *off-flavour* pada bir (Nachel, 2008). Kandungan klorin yang tinggi dapat menghasilkan senyawa klorofenol pada proses *mashing* yang dapat menimbulkan *off-flavour*. Berkaitan dengan hal tersebut, air bersih yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti jernih dan tidak berwarna, tidak memiliki bau, terbebas dari mikroorganisme yang mempengaruhi kualitas bir ataupun konsumen, memiliki pH pada rentang 6,5-7,0, serta mengandung mineral yang diinginkan dalam pembuatan bir (IBD, 2016). Bahan baku air yang digunakan oleh PT Multi Bintang Indonesia berasal dari sumber air di alam yang dikelola sendiri secara mandiri dengan fasilitas *Water Treatment Plant* (WTP).
- *Barley* (*Hordeum vulgare* L.)
Pada biji *barley* terdapat matriks protein yang membungkus kandungan pati pada *barley*. Keberadaan matriks ini akan menghambat proses pemecahan pati

menjadi gula sederhana. Oleh sebab itu, diperlukan penambahan enzim untuk memecah matriks protein tersebut agar pati di dalam endosperma *barley* dapat diubah menjadi gula sederhana agar proses fermentasi berjalan dengan optimal (IBD, 2016). Penambahan *barley* berfungsi untuk memberikan *body* dan *mouthfeel* terhadap produk bir yang dihasilkan (Keukeleire, 2000).

- *Malt*

Malt berasal dari biji *barley* yang telah menjalani proses germinasi atau perkecambahan (Nachel, 2008). Germinasi alami dilakukan dengan melembabkan biji *barley* sehingga berkecambah. Selama proses germinasi terjadi, endosperma dari biji *barley* akan terurai menjadi maltosa. Selain itu, proses germinasi akan mendorong produksi endoenzim yang akan membantu proses *mashing*. Menurut IBD (2016), penambahan malt dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap warna, rasa, dan aroma yang terbentuk, serta mempengaruhi stabilitas *foam* dan produk yang dihasilkan karena keberadaan karbohidrat dan protein. Kandungan mineral lain dalam *malt* juga akan menjadi sumber nutrisi bagi pertumbuhan *yeast* selama proses fermentasi.

- *Yeast*

Pada dasarnya, *yeast* dapat melakukan respirasi dengan ataupun tanpa oksigen (aerob ataupun anaerob). Pada kondisi aerob, *yeast* akan mengkonversi karbohidrat menjadi karbondioksida, air, dan energi yang akan digunakan untuk menghasilkan sel baru dengan bantuan oksigen. Pada kondisi anaerob, *yeast* akan mengkonversi karbohidrat sehingga menghasilkan karbondioksida, air, dan alkohol dalam bentuk etanol, serta beberapa senyawa aromatik yang menunjang kualitas sensori bir. Proses ini dikenal sebagai fermentasi. Selain karbohidrat, *yeast* juga membutuhkan protein, lemak, mineral, vitamin, dan oksigen. Berdasarkan jenis bir yang akan dihasilkan, *yeast* dibagi menjadi dua jenis yaitu *Saccharomyces cerevisiae* untuk bir jenis *ale* dan *Saccharomyces carlbergensis* atau *Saccharomyces uvarum* untuk bir jenis *lager*. Namun,

sekarang kedua jenis *yeast* tersebut dinamakan *Saccharomyces cerevisiae* dan dibedakan hanya berdasarkan jenis bir yang akan dihasilkan (IBD, 2016).

Bahan baku tambahan (*adjuncts*) yang digunakan terdiri atas:

- Gula

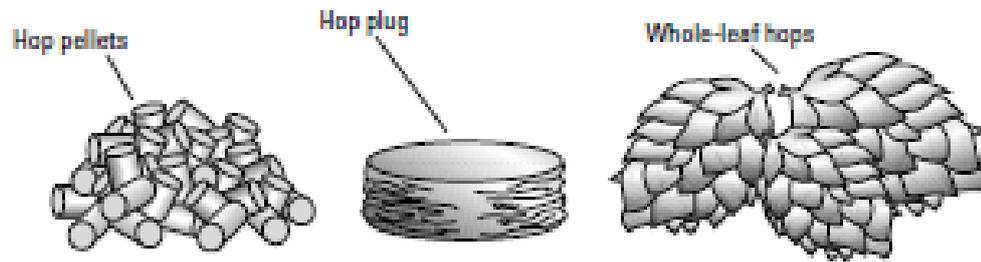
Gula merupakan bahan tambahan dalam proses pembuatan bir, yang tidak hanya berkontribusi sebagai substrat selama proses fermentasi, tetapi juga sebagai pemberi rasa dan aroma manis di dalam produk yang dihasilkan. Sukrosa merupakan salah satu jenis gula yang paling sering digunakan dalam proses pembuatan bir dikarenakan solubilitas yang tinggi serta *unfermentable sugar* yang sedikit (<5%). Gula umumnya tersedia dalam dua bentuk, yaitu cair (*liquid*) dan kristal (Briggs *et al.*, 2004).

- Kalsium Klorida (CaCl₂)

Kalsium klorida merupakan senyawa kimia yang berfungsi untuk menyeimbangkan pH pada *mash* dan *wort*, memberikan ion Ca²⁺ yang berfungsi untuk mendukung fungsi enzim serta kinerja *yeast*, serta membantu proses koagulasi atau presipitasi protein (IBD, 2017).

- *Hops (Humulus lupulus)*

Bunga *hops* merupakan tanaman yang memiliki kelenjar lupulin yang mengandung senyawa yang dapat memberi rasa *bitterness*, resin, dan minyak esensial. Umumnya, *hops* dimanfaatkan dalam proses pembuatan bir sebagai pemberi rasa pahit yang khas. Senyawa utama yang berkontribusi dalam memberikan rasa pahit atau *bitter* adalah α -*acid* yang bersifat larut dalam minyak (*oil soluble*), yang akan terisomerisasi selama proses *boiling* menjadi iso- α -*acid* yang bersifat larut dalam air (*water soluble*). Selain memberikan rasa pahit, *hops* juga berkontribusi dalam memberikan aroma yang khas dan menghambat pertumbuhan bakteri (Nachel, 2008).



Gambar 1. Berbagai bentuk *hops* (Sumber: Homebrewing for Dummies, 2008)

Bunga *hops* segar tidak dapat disimpan lama ataupun dikirim dalam perjalanan jauh. Oleh karena itu, bunga *hops* diolah menjadi berbagai bentuk *pellets*, *extract*, *plugs* untuk mempermudah proses pengiriman, penyimpanan dan penggunaan serta memperpanjang umur simpan *hops*. Dalam pembuatan bir Bintang, ekstrak *hops* digunakan dalam bentuk *iso- α -acid*.

- **Black Malt**

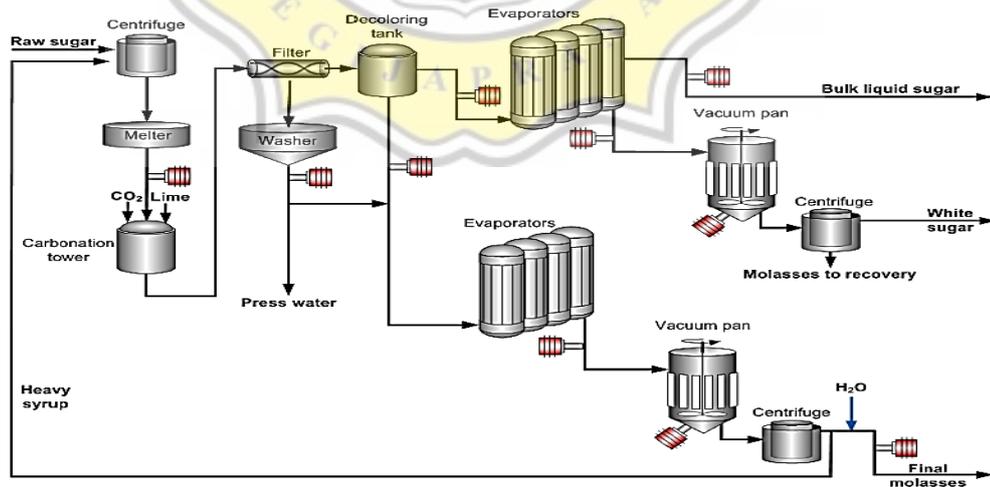
Black malt (*roasted malt*) merupakan *malt* yang dikeringkan pada suhu tinggi menggunakan alat bernama *malt roaster*. Penambahan *roasted malt* bertujuan untuk mengendalikan warna dari bir yang akan dihasilkan. Semakin banyak *roasted malt* yang ditambahkan, maka warnanya akan semakin pekat (IBD, 2016). Pada proses pembuatan bir dengan jenis *lager* di PT MBI SA sendiri, penambahan *roasted malt* yang dibutuhkan sangat sedikit (<1% dari total resep).

1.2.3. Pembuatan Bir

Gula yang paling sering digunakan dalam proses pembuatan bir adalah gula tebu atau sukrosa. Sukrosa merupakan disakarida yang terdiri atas glukosa dan fruktosa yang ditambahkan pada proses *boiling* di *wort copper* (IBD, 2016). Jika sukrosa dipanaskan dalam waktu yang relatif lama dengan suhu tinggi atau adanya penambahan asam, sukrosa akan terinversi menjadi gula *invert* (monosakarida) sehingga fermentabilitasnya meningkat (Kunze, 2004). Umumnya, sukrosa dipasarkan dalam bentuk gula pasir, dan penggunaan dalam jumlah banyak akan

berdampak pada tingginya biaya produksi. Hal ini dapat diminimalisir dengan mengganti gula pasir dengan alternatif lain seperti sirup sukrosa, sirup maltosa, sirup glukosa, madu, dan *High Fructose Corn Syrup* (HFCS).

Berdasarkan proses produksinya, sirup sukrosa memiliki proses pembuatan yang lebih singkat dibandingkan gula pasir. Menurut IBD (2017), proses pembuatan sirup sukrosa diawali dengan proses *pressing* hingga diperoleh sari tebu. Sari tebu yang diperoleh ditambahkan dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan dikarbonasi dengan CO_2 sehingga terbentuk CaCO_3 (karbonatasi) untuk memisahkan sukrosa cair dari resin dan partikel-partikel pengotor lain. Sari tebu kemudian disaring agar terpisah dari presipitat yang terbentuk selama proses tersebut, kemudian dievaporasi dengan *vacuum pans*. Sirup yang terbentuk kemudian akan didekolorisasi dengan pertukaran ion sehingga menghasilkan sirup sukrosa (*fine liquor*) yang jernih. Sedangkan untuk menjadi gula pasir, *fine liquor* yang terbentuk akan melalui proses kristalisasi, sentrifugasi untuk memisahkan molase, dan dikeringkan sebelum dikemas. Proses tambahan (kristalisasi, sentrifugasi dan pengeringan) membedakan nilai ekonomi dari sirup sukrosa dan gula pasir.



Gambar 2. Proses pembuatan gula (Sumber: *Advances in Super-Saturation Measurement and Estimation Methods for Sugar Crystallisation Process*, 2016)

Berdasarkan penelitian Piddocke *et al.* (2009), performa fermentasi yang seimbang (jumlah sel yang tinggi, kemampuan fermentasi dari *wort*, senyawa *flavour* yang terkandung) dapat dicapai dengan mengganti gula kristal yang digunakan dengan sirup maltosa. Lin *et al.* (2014) menambahkan bahwa *high gravity fermentation* menggunakan sirup glukosa dapat memperlambat laju pertumbuhan spesifik, memperpanjang fase *lag*, sehingga berakibat pada tingginya konsentrasi *end product* (etanol, etil asetat, dan isoamil asetat). Namun, metode ini memiliki kelemahan seperti tekanan osmotik yang tinggi, peningkatan konsentrasi alkohol, memperlambat laju fermentasi, dan fermentasi yang tidak sempurna.

Penggunaan yeast pada proses pembuatan bir bertujuan untuk memfermentasi substrat-substrat yang ada menjadi alkohol serta produk samping berupa senyawa volatil. Menurut IBD (2017), perbedaan generasi yeast dapat mempengaruhi *fermentation speed* dari produksi bir, tetapi tidak mempengaruhi produk samping yang dihasilkan atau mempengaruhi kualitas bir yang dihasilkan secara umum. Permasalahan ini dapat diatasi dengan memperpanjang periode fermentasi bir.

1.2.4. Proses Produksi Bir

Menurut Kunze (2004), dalam proses pembuatan bir pada dasarnya terdiri atas tiga proses utama yaitu:

1. Pembuatan *wort*

Proses pembuatan *wort* terjadi dalam lingkup *Brewhouse* yang terdiri atas beberapa proses, yaitu:

a. *Material handling*

Bahan baku yang digunakan seperti *malt* (A-Malt dan C-Malt) dan *barley* yang diterima dari pemasok ditampung di tempat penyimpanan (silo). Sebelum masuk ke silo, *malt* dan *barley* langsung disaring dengan *separator* untuk memisahkan benang dan plastik yang masuk ke dalam bahan baku, *magnetizer* untuk memisahkan bahan baku dengan logam, *dust removal* untuk menghilangkan

partikel-partikel halus serta *destoner* untuk memisahkan bahan baku dengan kerikil.

b. Milling

Proses *milling* bertujuan untuk adalah untuk memecah bahan baku sehingga dapat diperoleh ekstrak yang maksimal dalam waktu tersingkat selama proses *mashing* (Briggs *et al.*, 2004). Proses *milling* dilakukan dengan alat bernama *hammer mill*. *Hammer mill* dapat menghancurkan *malt* dan *barley* utuh menjadi butiran halus (*malt grist*) dengan 6 fraksi ukuran yang berbeda sehingga dapat mengoptimalkan proses *mashing* dan sakarifikasi. Standar fraksi ukuran *grist* yang sesuai untuk mesin *hammer mill* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar fraksi *grist* untuk *hammer mill*

<i>Grist Fraction</i>	Persentase (%)	Mesh Size (mm)
<i>Husk</i>	1	$\geq 1,250$
<i>Coarse Grist</i>	3,6	1,250 - 1,000
<i>Fine Grist I</i>	20,9	1,000 - 0,560
<i>Fine Grist II</i>	39,1	0,560 - 0,250
<i>Flour</i>	30,8	0,250 - 0,150
<i>Bottom</i>	4,6	$\leq 0,150$

Sumber: *Technology Brewing and Malting*, 2004

Untuk memindahkan *malt* dan *barley* dari silo ke *hammer mill*, digunakan metode *vacuum* atau sedot menggunakan Aerzen. Seluruh proses *milling* dikendalikan secara otomatis melalui program *software*, sedangkan *black malt* ditambahkan secara manual ketika proses *milling* sedang berlangsung. *Malt grist* yang telah diperoleh selama proses *milling* kemudian akan ditampung di dalam *malt grist bin* sebelum dipindahkan ke *mash tun* untuk proses *mashing*.

c. Mashing and Saccharification

Proses *mashing* akan dilakukan dengan mencampur *malt grist* dan air sesuai volume yang telah ditentukan, dan dipanaskan hingga mencapai suhu yang

diinginkan (77°C). Pada proses pemanasan, enzim yang dihasilkan oleh malt akan teraktivasi sehingga pati yang ada akan dipecah menjadi *wort* (*saccharification*) dibantu dengan proses pemanasan pada suhu optimal bagi enzim. Hal yang terjadi pada proses mashing diantaranya adalah makromolekul (pati, protein) yang terhidrolisis menjadi mikromolekul (monosakarida, asam amino), penurunan pH sesuai dengan kondisi optimal bagi enzim.

Untuk membantu proses konversi dan penurunan pH *wort*, maka akan ditambahkan CaCl_2 dan enzim filtrase BR-X. Proses konversi pada *mash tun* berlangsung secara bertahap sesuai dengan kenaikan suhu. Pada suhu 55°C , enzim BR-X akan mengurai dinding endosperma *barley* sehingga pati di dalam *barley* dapat keluar dan diurai oleh enzim β -amilase dan α -amilase. Selain itu, enzim protease juga akan mengurai protein yang ada menjadi asam amino. Kemudian suhu pemanasan akan naik hingga mencapai suhu yang optimal bagi enzim β -amilase, yaitu 66.5°C . Enzim β -amilase akan memecah polisakarida menjadi maltosa dan glukosa. Lalu enzim α -amilase akan aktif pada suhu 77°C , yang akan memecah polisakarida menjadi gula sederhana secara acak. *Wort* yang terbentuk kemudian akan dipindahkan ke *mash filter* untuk memisahkannya dari *spent grain* (ampas) yang terbentuk. Sebelum pemindahan dilakukan, penting dilakukan iodine test untuk memastikan tidak ada pati yang tersisa (proses konversi berhasil) (Kunze, 2004).

d. *Wort separation*

Wort separation bertujuan untuk memisahkan *wort* yang terbentuk dari sisa-sisa padatan dan residu yang ada (*spent grain*) (IBD, 2016). Alat yang digunakan dalam proses ini adalah *mash filter* agar dapat memisahkan *wort* dan *spent grain* yang tersusun atas 6 fraksi *malt grist* secara optimal (IBD, 2017). Selama proses *mashing*, tentunya ada ekstrak yang tertinggal di dalam residu tersebut, yang akan menjadi *extract losses*. Oleh karena itu, untuk meminimalisir *extract losses*, setelah *wort* disaring pertama kali (*main wort*), *spent grain* yang tersisa di dalam *mash filter* akan dibilas dengan *sparging water* dan dipindahkan ke *wort copper*

hingga volume yang dibutuhkan tercapai. Jika pH atau volume dari *sparging water* terlalu tinggi, maka dapat terbentuk senyawa yang tidak diinginkan di dalam *wort*. Setelah proses pembilasan selesai, maka akan dilakukan kompresi dan dekompresi untuk memaksimalkan ekstrak yang diperoleh, yang akan dipindahkan ke *wort copper*.

e. *Wort boiling*

Wort yang diperoleh dari *mash filter* kemudian akan dimasak dengan suhu tinggi, yaitu 99-100°C dengan alat yang bernama *wort copper* atau *wort kettle*. Pada proses pemasakan juga ditambahkan beberapa bahan tambahan seperti kalsium klorida (CaCl_2), gula, dan *hops*. Proses *boiling* memiliki beberapa tujuan:

1. Sterilisasi *wort*

Menurut USDA (2017), mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit food-borne disease umumnya hanya dapat bertahan pada suhu 4,4°C hingga suhu 60°C. Sehingga proses pemasakan dapat mematikan hampir semua mikroorganisme yang berada pada *wort*, terkecuali mikroorganisme pembentuk spora.

2. Inaktivasi enzim

Enzim yang berada pada proses *mashing* akan terinaktivasi ketika melewati suhu optimalnya, yaitu 77°C. Tujuan dilakukannya inaktivasi enzim adalah untuk menghentikan proses konversi terus berlanjut agar tidak dihasilkan senyawa yang tidak diinginkan.

3. Pembentukan warna dan *flavour* pada *wort*

Pada proses *boiling*, terjadi pembentukan warna dikarenakan reaksi pencoklatan (*browning*) non-enzimatis. Reaksi pencoklatan non-enzimatis terjadi karena adanya gugus amin dari asam amino yang bereaksi dengan gula pereduksi yang didorong karena adanya panas (Briggs *et al.*, 2004). Reaksi pencoklatan membentuk karamel yang memiliki warna yang pekat, serta senyawa melanoidin yang berkontribusi dalam memberikan warna gelap. Reaksi maillard juga menghasilkan senyawa yang dapat mempengaruhi *flavour* pada bir yang tergolong sebagai senyawa amadori.

Senyawa ini akan memiliki *flavour* yang manis seperti karamel. Selain itu, penambahan *hops* juga memberikan rasa yang pahit dengan *flavour hoppy*.

4. Menghilangkan senyawa-senyawa volatil yang tidak diinginkan

Selama proses *boiling*, terbentuk berbagai senyawa volatil, baik yang diinginkan ataupun tidak. Dimetil sulfida (DMS) adalah senyawa *flavour* yang sering dideskripsikan seperti aroma kubis atau sayur yang dimasak, yang tidak diinginkan (US National Library of Medicine, 2019)^b. Pada proses *brewing*, DMS tergolong sebagai *off-flavour* yang terbentuk dari salah satu asam amino metionin (SMM). SMM atau prekursor dari DMS terbentuk pada proses germinasi *malt*. Pada suhu tinggi, SMM akan berubah menjadi DMS (Baldus *et al*, 2018). Untuk menghilangkan DMS, waktu *boiling* harus dilakukan dalam waktu yang lama untuk mengevaporasi senyawa tersebut. PT MBI SA melakukan proses *boiling* selama 45 menit, dengan laju evaporasi pada kisaran sekitar 4%.

5. Isomerisasi *hops*

Hops mengandung senyawa α -acid yang perlu diisomerisasi menjadi iso- α -acid agar dapat larut dengan baik di dalam *wort* sehingga menghasilkan *wort* dengan *International Bitterness Unit* (IBU) yang cukup.

6. Mendenaturasi dan mengendapkan protein yang ada

Selama proses *boiling*, protein-protein yang ada, baik yang berasal dari *wort* (*barley* dan *malt*) ataupun dari enzim-enzim yang terinaktivasi akan terdenaturasi dan terpresipitasi sebagai endapan dengan bantuan ion Ca^{2+} yang nantinya akan disebut sebagai *trub*.

7. Penurunan pH

pH *wort* pada proses *wort boiling* pun akan mengalami penurunan dikarenakan adanya penambahan *hops bitter acid*, produk sampingan yang terbentuk dari reaksi maillard, serta senyawa fosfat yang terendapkan.

Proses *boiling* terbagi menjadi 4 tahap utama, yaitu:

1. *Filling & Heating 1* (sekitar 10 menit)

Pada tahap ini, *main wort* dan hasil *sparging* pertama dipindahkan dari *mash filter* ke *wort copper*. Kemudian pada tahap ini dilakukan penambahan CaCl_2 , *hops*, dan gula ke dalam *wort copper* sambil dilakukan pemanasan hingga mencapai suhu 85°C .

2. *Filling & Heating 2* (25-35 menit)

Setelah mencapai suhu 85°C , *wort* akan dipanaskan hingga mencapai suhu 98°C dan ketika seluruh hasil pembilasan telah masuk ke dalam *wort copper*.

3. *Boiling* (45 menit)

Pada tahap ini, *wort* akan dimasak pada kisaran suhu $98-100^\circ\text{C}$ selama 45 menit untuk melarutkan bahan baku tambahan serta sterilisasi dan menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan.

4. *Casting* (sekitar 13 menit)

Setelah *boiling* selama 45 menit, *wort* akan dipindahkan ke *whirlpool* untuk proses *wort clarification*, dan akan dilakukan proses penambahan air untuk membilas *wort copper*.

f. *Wort clarification*

Wort clarification merupakan proses pemurnian atau penjernihan dari *wort* yang telah dimasak. Pada proses sebelumnya, terdapat endapan yang terbentuk karena padatan terlarut dari penambahan *hops* atau presipitasi protein yang disebut sebagai *trub*. Untuk melakukan pemisahan tersebut, digunakan alat yang bernama *whirlpool*. Alat ini memiliki prinsip kerja sirkulasi dengan gaya sentripetal atau '*teacup effect*' agar *trub* dapat berkumpul di tengah (IBD, 2016). Kemudian *wort* yang sudah jernih akan ditransfer ke *wort cooler*, dan *trub* yang diperoleh akan ditampung di dalam *trub tank*. Untuk meminimalisir *extract losses*, *trub* yang telah dikumpulkan akan ditransfer kembali ke *mash filter* untuk *sparging*.

g. *Wort cooling* dan *aeration*

Setelah dijernihkan, *wort* yang masih panas harus didinginkan agar dapat mendukung perkembangbiakan *yeast* dan proses fermentasi. Suhu optimal pendinginan sebelum penambahan *yeast* berada pada kisaran 6-20°C. Proses pendinginan ini dilakukan dengan *Plate Heat Exchanger* (PHE) dikarenakan proses pendinginan akan menjadi lebih efektif dan efisien. Selain itu, pada proses ini juga dilakukan proses aerasi atau oksigenasi. Tujuan dilakukannya proses ini adalah agar *yeast* bisa bereproduksi dan menghasilkan biomassa, agar *yeast* bisa digunakan kembali, serta untuk menjaga kualitas produk akhir yang dihasilkan (IBD, 2017). Proses aerasi sendiri paling tepat dilakukan dalam kondisi suhu rendah. PT MBI SA sendiri menggunakan metode oksigenasi dengan O₂ murni. Keuntungan menggunakan metode ini adalah oksigen yang digunakan berada dalam kondisi steril, kadar oksigen yang ingin diinjeksikan bisa dikendalikan sehingga biaya yang dikeluarkan lebih rendah dibandingkan menggunakan udara. Setelah itu, *cold wort* yang dihasilkan akan dianalisa dan dibandingkan dengan standar mutu yang berlaku di PT MBI SA. Standar dari parameter-mutu untuk *cold wort* menurut Multi Bintang Indonesia (2019) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Parameter untuk *Cold Wort* 16.5°P

Parameter	Standar	
	Normal	Batas Kritis
OG (°P)	16,20-16,80	14,00-18,00
pH	5,10-5,30	5,00-5,40
AEFA (°P)	1,90-3,00	1,70-3,20
FAN (ppm)	180-220	150-250
<i>Colour</i> (EBC)	15,50-17,50	15,00-18,00
<i>Brewhouse yield</i> (%)	95,00-102,00	92,00-105,00

Sumber : Dokumen Multi Bintang Indonesia (2019)

2. Fermentasi *wort*

Proses fermentasi adalah proses konversi gula-gula sederhana menjadi alkohol, CO₂, dan senyawa aromatik dengan bantuan *yeast* (IBD, 2016). Secara singkat, proses fermentasi dapat digambarkan sebagai berikut:



Proses fermentasi berlangsung dalam lingkup *Cellar*, dan diawali ketika *yeast* ditambahkan (*pitching*) ke dalam *wort*. Proses fermentasi berlangsung selama substrat yang ingin dikonversi tersedia, dan akan berhenti secara alami ketika seluruh substrat telah dikonversi. Selain konversi gula sederhana, selama proses fermentasi juga terjadi konversi protein dan lemak sehingga menghasilkan produk samping berupa senyawa aromatik yang dapat mempengaruhi *flavour* pada bir seperti ester, etil asetat, iso amil asetat, *higher alcohol*, *diacetyl*, dan senyawa sulfur. Pembentukan berbagai senyawa aromatik bergantung kepada metabolisme *yeast* yang dipengaruhi oleh beberapa faktor (pH *wort*, ketersediaan substrat, *strain yeast*, suhu dan prinsip fermentasi) (IBD, 2016).

Selama proses fermentasi berlangsung, ada beberapa hal yang terjadi seperti penurunan *Apparent Extract* (AE), penurunan derajat keasaman (pH), memudarnya warna bir, serta meningkatnya jumlah produk samping yang dihasilkan, terutama alkohol (Kunze, 2004). Nilai AE menunjukkan kadar gula yang masih tersedia untuk difermentasi oleh *yeast*. Penurunan pH disebabkan karena terbentuknya asam organik selama proses. Diskolorasi atau memudarnya warna bir terjadi karena penurunan pH, mengendapnya protein, terserapnya senyawa yang berwarna pekat oleh *yeast*, dan proses pemisahan *yeast* dari bir (*purging*). Selain parameter AE, warna dan pH, parameter penting lain yang juga diperhatikan adalah *fermentation speed*. *Fermentation speed* merupakan laju konversi gula sederhana menjadi produk samping oleh *yeast* yang diamati dengan melihat penurunan AE pada 5 hari pertama setelah *pitching*. *Fermentation speed* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti generasi dan strain *yeast*, jumlah *yeast* yang digunakan, laju penambahan *yeast*, ketersediaan oksigen pada *wort*, suhu fermentasi, serta ketersediaan substrat (IBD, 2016). Berdasarkan Heineken (2019), batas aman fermentation speed berada pada kisaran $1,55 \pm 0,03 - 2,05 \pm 0,03$ °P/hari dan dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Fermentation Speed} = (\text{OG cold wort} - \text{AE on 5}^{\text{th}} \text{ day}) \times 0,2$$

Prinsip fermentasi yang diterapkan dalam proses pembuatan bir Bintang adalah “*cold fermentation warm maturation ended with deep cooling*”. Proses fermentasi diawali pada suhu $\pm 10.5^{\circ}\text{C}$ selama ± 5 hari, kemudian suhu akan dinaikkan hingga mencapai $\pm 15.5^{\circ}\text{C}$ sebelum akhirnya didinginkan hingga mencapai suhu $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Keuntungan dari prinsip “*cold fermentation warm maturation ended with deep cooling*” adalah produk samping seperti senyawa aromatik yang dihasilkan lebih sedikit, serta senyawa aromatik yang tidak diinginkan dapat dihilangkan pada waktu fermentasi (Kunze, 2004).

Berikut adalah tahap-tahap dalam proses fermentasi:

- a. Sebelum proses fermentasi dimulai, dilakukan proses *filling* dimana *wort* yang sudah didinginkan dan diaerasi dipindahkan ke dalam tangki fermentor. *Yeast* akan *pitching* ke dalam fermentor di waktu yang bersamaan dengan *filling batch* pertama. Proses fermentasi akan dimulai setelah *filling* dan *pitching* dilakukan.
- b. Pada awal proses fermentasi, suhu didalam fermentor akan diatur sehingga fermentasi terjadi pada suhu $10,5-10,6^{\circ}\text{C}$ (*cold fermentation*). Selama 3 hari pertama, terjadi respirasi aerob dimana *yeast* akan memakai oksigen terlarut di dalam *wort* untuk meningkatkan biomassa sel. Selama fermentasi berlangsung, nilai AE akan menurun seiring dengan berkurangnya substrat karena terkonversi menjadi alkohol, CO_2 dan senyawa aromatik. Umumnya tahap ini akan berlangsung selama 5 hingga 7 hari sejak proses *filling batch* terakhir (*top up*). Nilai AE akan diukur setiap harinya untuk mengecek pergantian fase fermentasi.
- c. Setelah nilai AE mencapai sekitar $5,9^{\circ}\text{P}$, maka sistem pendingin di tangki fermentor akan dimatikan oleh program, sehingga suhu di dalam fermentor akan meningkat dan memasuki fase *Wait For RUH* yang berlangsung sekitar 2-3 hari. Fase *Wait For RUH* merupakan fase transisi dari *cold fermentation* ke *warm maturation*.
- d. Sebelum mengalami pergantian fase menjadi RUH (*warm maturation*), *wort* pada fermentor (*young beer*) harus memenuhi 2 syarat, yaitu telah mencapai

suhu 13,5 °C dan nilai AE telah mencapai 3,3 °P. Fase ini berlangsung selama sekitar 4 hari. Fase RUH bertujuan untuk menurunkan konsentrasi senyawa-senyawa yang tidak diinginkan terutama *diacetyl* atau *vicinal diketone* (VDK) yang terbentuk selama *cold fermentation*. VDK merupakan senyawa yang berperan dalam memberikan *off-flavour buttery* pada bir (IBD, 2017). Berdasarkan Heineken (2019), konsentrasi VDK harus berada dibawah nilai 0.08 mg/L. Selain itu, selama fase RUH berlangsung, *yeast* pada *young beer* akan dipanen untuk digunakan pada fermentasi selanjutnya. Proses panen *yeast* berlangsung pada waktu 30 jam setelah fase RUH dimulai dan berakhir pada waktu 38 jam setelah fase RUH dimulai. Fase *warm maturation* akan berakhir ketika *yeast* telah dipanen dan nilai VDK telah memenuhi standar yang diterapkan.

- e. Setelah fase *warm maturation* berakhir, maka proses fermentasi akan dilanjutkan dengan proses pendinginan *young beer* (fase *deep cooling*). Fase *deep cooling* bertujuan untuk menurunkan suhu *young beer* dari 13,5 °C sampai menjadi 1 °C. Selain itu, pada fase ini terjadi proses *bubbling* dengan CO₂ untuk menghomogenisasi suhu di dalam fermentor dan untuk memflokulasi *yeast* menjadi gumpalan yang lebih besar sehingga mempermudah proses filtrasi.
- f. Fase terakhir dalam proses fermentasi adalah fase penyimpanan (*storage*). Fase ini berlangsung pada suhu 1-2 °C selama 3 hari untuk menstabilkan *young beer*. Sebelum *young beer* difiltrasi, *young beer* dianalisa sekali lagi untuk memastikan kualitasnya. Menurut Multi Bintang Indonesia (2019), *young beer* harus memenuhi standar pada Tabel 3.

Tabel 3. Standar Parameter dalam Proses Fermentasi

Parameter	Standar	
	Batas Normal	Batas Kritis
OG (°P)	16,20-16,80	16,05-16,95
pH	4,25-4,65	4,15-4,75
AE (%w)	1,90-3,00	1,80-3,30
<i>Colour</i> (EBC)	12,00-15,00	11,50-15,50

Sumber: Dokumen Multi Bintang Indonesia, 2019

3. Proses Filtrasi

Young beer yang telah melewati fase penyimpanan akan ditampung dalam *unfiltered buffer tank* (UBT). *Young beer* yang ditampung di UBT akan disaring dengan *kieselguhr bed* untuk memisahkan zat pengotor yang ada dalam bir seperti *yeast* dan *haze*. Kemudian bir akan disaring dengan PVPP *filter* untuk memisahkan partikel yang lebih halus dan menstabilkan bir (IBD, 2016). Lalu, bir akan masuk ke dalam *carbonizer* dimana bir akan dilarutkan dengan menambahkan *deaerated water* untuk mendapatkan kadar alkohol yang telah ditentukan yaitu sekitar 4.67% dan diinjeksi dengan gas CO₂. Bir yang telah selesai difiltrasi dan diinjeksi dengan gas CO₂ akan ditampung di dalam *bright beer tank*. Dalam proses filtrasi ini, suhu dan tekanan benar-benar harus diperhatikan sehingga kelarutan gas karbondioksida dalam air dapat terkontrol. Berdasarkan Multi Bintang Indonesia (2019), batas aman dan batas kritis dari bir yang telah difiltrasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Standar Parameter dalam Proses Filtrasi

Parameter	Standar	
	Batas Normal	Batas Kritis
OG (°P)	10,30-10,70	6,00-15,00
pH	4,25-4,65	3,00-6,00
Kadar Alkohol (%v/v)	4,40-4,80	3,00-6,00
AE (%w)	1,30-2,00	0,60-2,20
<i>Colour</i> (EBC)	7,00-9,00	6,00-10,00

Sumber: Dokumen Multi Bintang Indonesia, 2019

Setelah difiltrasi, bir akan dikirimkan ke divisi *packaging* untuk dikemas. Bir Bintang dikemas dalam 3 kemasan dengan ukuran yang berbeda, yaitu botol kecil dengan volume 330 ml (*pint*), botol besar dengan ukuran 620 ml (*bremner*), dan *keg* (*barrel*) dengan ukuran 30 liter. Setelah dikemas dan dipasteurisasi, produk jadi bir akan dianalisa sekali lagi untuk memastikan kualitas produk yang beredar di pasaran stabil. Berdasarkan Multi Bintang Indonesia (2019), batas aman dan batas kritis dari parameter *finished product* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Standar Parameter dalam *Finished Product*

Parameter	Standar	
	Batas Normal	Batas Kritis
OG (°P)	10,30-10,70	10,00-10,90
pH	4,25-4,65	4,00-5,00
Kadar Alkohol (% v/v)	4,40-4,80	4,00-5,10
AE (°P)	1,30-2,00	0,50-2,30
AEFA (% wt)	1,30-1,70	1,10-2,10
Colour (EBC)	7,00-9,00	5,00-12,00
Foam stability (s)	230-350	210-400
7 days turbidity	0-2,50	3,50
FAN (ppm)	50-75	100
VDK (mg/L)	0-0,05	0,07
SO ₂ (mg/L)	0-0,08	1,00

Sumber: Dokumen Multi Bintang Indonesia, 2019

1.2.5. Flavour Pada Bir

Selama proses pembuatan bir, banyak senyawa *flavour* yang diperoleh baik yang berasal dari bahan baku ataupun yang berasal dari proses produksi (*boiling*, fermentasi). Diantara semua senyawa *flavour* yang terbentuk, tidak semuanya diinginkan untuk berada di dalam bir. Senyawa yang tidak diinginkan ini disebut sebagai *off-flavour* dikarenakan tidak sesuai dengan karakter bir yang ingin ditunjukkan. Beberapa diantaranya terdapat senyawa *acetaldehyde*, *dimethylsulphide* (DMS), *isoamyl acetate*, *ethyl acetate*, dan *diacetyl* (VDK) (IBD, 2016). DMS merupakan senyawa yang terbentuk selama proses *boiling* akibat adanya SMM (prekursor DMS) yang teraktivasi oleh panas (Baldus *et al*, 2018).

Berbeda dengan DMS, senyawa lainnya terbentuk selama proses fermentasi. VDK merupakan senyawa yang berperan dalam memberikan *off-flavour buttery* pada bir yang terbentuk selama proses *cold fermentation* (IBD, 2017). *Acetaldehyde* (CH_3CHO) merupakan senyawa yang berada secara alami di alam dalam jumlah besar. *Acetaldehyde* terbentuk selama proses fermentasi, dan seringkali dideskripsikan sebagai senyawa yang memiliki bau seperti apel dan *cider*. *Acetaldehyde* juga berperan dalam memberikan *off-flavour grassy* dan *floral* (US National Library of Medicine, 2019)^a. *Ethyl acetate* merupakan senyawa yang terbentuk karena proses esterifikasi etanol langsung yang terjadi selama proses fermentasi dan dinilai sebagai *off-flavour* apabila ditemukan dalam konsentrasi yang tinggi (IBD, 2016). *Ethyl acetate* sering dideskripsikan sebagai senyawa yang memiliki bau *fruity* seperti nanas (US National Library of Medicine, 2019)^c. *Isoamyl acetate* merupakan senyawa beraroma kuat yang sering dideskripsikan menyerupai bau pisang dan pir. *Isoamyl acetate* terbentuk melalui proses esterifikasi etanol dan sering disebut sebagai *banana oil* (US National Library of Medicine, 2019)^d. Senyawa *off-flavour* masih dapat diterima apabila tidak melewati ambang batas (*threshold*) senyawa tersebut. Berdasarkan IBD (2017), nilai ambang batas dari masing-masing senyawa dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Ambang Batas (*Threshold*) dari Senyawa *Flavour*

<i>Flavour Compound</i>	<i>Threshold</i> (mg/l)
<i>Acetaldehyde</i>	10
<i>Dimethylsulphide</i>	0,025
<i>Ethyl Acetate</i>	33
<i>Iso Amyl Acetate</i>	1,6

Sumber: *Diploma in Brewing*, 2017

Selain senyawa *flavour* yang tidak diinginkan, juga terdapat senyawa *flavour* yang dibutuhkan di dalam bir seperti *higher alcohol* dan *amyl alcohol*. *Higher alcohol* merupakan senyawa yang selalu ditemukan dalam semua produk bir. Senyawa ini terbentuk selama proses fermentasi primer dan sering dideskripsikan sebagai

senyawa yang memiliki aroma kuat dan menyengat, dengan karakter yang menghangatkan (IBD, 2017). Sedangkan *amyl alcohol* merupakan senyawa yang memiliki karakter tajam dan hangat, terbentuk bersama dengan *higher alcohol* (IBD, 2017).

1.3. TUJUAN PENELITIAN

- Untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan baku baru (*liquid sugar*) terhadap hasil tiga proses produksi bir (pembuatan *wort*, proses fermentasi, dan filtrasi) dan penggunaan *liquid sugar* dapat menjadi alternatif pengganti gula pasir
- Untuk mengetahui senyawa *flavour* dan hasil sensori yang dihasilkan.

