

3. HASIL PENELITIAN

Dalam penelitian ini, dilakukan percobaan terhadap *flexible recipe* dengan komposisi malt baru yaitu 35% *A malt* dan 65% *C malt*. Sebagai kontrol, digunakan *current recipe* dengan komposisi malt yaitu 45% *A malt* dan 55% *C malt*. Proses produksi bir “Bintang” terdiri atas 3 proses utama yang meliputi pembuatan *wort*, proses fermentasi, dan proses filtrasi. Pada penelitian ini, digunakan masing-masing 1 tangki baik untuk *flexible recipe* maupun *current recipe*. Dalam satu *batch* produksi, setiap tangki fermentor terbuat dari 5 *brew* yang dibuat secara berurutan. Lima *brew* ini digunakan sebagai pengulangan dalam proses pengambilan data.

3.1. Proses Pembuatan Wort

Dalam proses pembuatan *wort*, beberapa proses yang diteliti adalah *milling*, *mashing*, *wort separation*, dan *wort cooling*.

3.1.1. Milling (Sieving Analysis)

Parameter dalam *sieving analysis* ini berupa besarnya persentase tiap fraksi berdasarkan ukuran partikel *grist*. Hasil pengamatan *sieving analysis* terhadap 2 resep yang diteliti dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisa Hasil *Sieving Analysis* pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Fraksi	Ukuran Partikel (mm)	<i>Flexible Recipe</i>	<i>Current Recipe</i>
<i>Husks</i>	$\geq 1,25$	0,46 \pm 0,06 ^a	1,01 \pm 0,02 ^b
<i>Coarse Grist</i>	1-1,25	1,94 \pm 0,03 ^a	2,57 \pm 0,05 ^b
<i>Fine Grist I</i>	0,56-1	16,04 \pm 0,77 ^a	16,12 \pm 0,99 ^a
<i>Fine Grist II</i>	0,25-0,56	32,41 \pm 0,11 ^a	31,16 \pm 0,34 ^b
<i>Flour I</i>	0,15-0,25	36,50 \pm 2,47 ^a	27,74 \pm 1,92 ^a
<i>Flour II</i>	$\leq 0,15$	12,66 \pm 3,37 ^a	21,39 \pm 2,60 ^a

Keterangan:

- Semua nilai merupakan nilai *mean* \pm standar deviasi
- Pada baris yang sama, nilai yang diikuti oleh *superscript* berbeda dalam alfabet menunjukkan hubungan yang berbeda secara nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa hasil *sieving analysis* untuk kedua resep menunjukkan perbedaan yang signifikan untuk fraksi *husks*, *coarse grits*, dan *fine grist*

I. Kemudian, untuk ketiga fraksi lainnya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara *flexible recipe* dan *current recipe*.

3.1.2. Mashing

Parameter yang diukur dalam proses *mashing* meliputi pH dan *iodine test* pada *mash* setelah proses sakarifikasi selesai. Hasil pengukuran pH *mashing in* dan *iodine test* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisa pH dan *iodine test* pada hasil *mash Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Parameter	<i>Flexible Recipe</i>	<i>Current Recipe</i>
pH <i>mash</i>	5,47±0,02 ^a	5,49±0,02 ^a
<i>Iodine Test</i>	Negatif	Negatif

Keterangan:

- Semua nilai merupakan nilai *mean* ± standar deviasi
- Pada baris yang sama, nilai yang diikuti oleh *superscript* berbeda dalam alfabet menunjukkan hubungan yang berbeda secara nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 6, dapat diketahui antara *flexible recipe* dan *current recipe* tidak ada perbedaan yang cukup signifikan pada pH *mash*. Kedua resep mendapatkan hasil negatif pada uji *iodine* yang berarti sudah tidak ada kandungan pati dalam *wort*.

3.1.3. Wort Separation

Parameter yang diukur pada tahap *wort separation* adalah OG pada *main wort* dan total waktu *sparging* untuk membilas ekstrak-ekstrak gula yang masih tertinggal dalam ampas *malt*. Nilai *theoretical* OG didapat berdasarkan perhitungan ekstrak menggunakan jumlah *raw material* yang digunakan. Hasil pengukuran *theoretical* OG, OG *main wort*, dan total waktu *sparging* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisa OG *main wort* dan waktu untuk mendapatkan *main wort* pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Parameter	<i>Flexible Recipe</i>	<i>Current Recioe</i>
<i>Theoretical OG</i> (°P)	16,63±0,29 ^a	16,69±0,19 ^a
OG <i>main wort</i> (°Plato)	22,02±0,43 ^a	22,71±0,36 ^b
Total waktu <i>sparging</i> (menit)	49,60±1,14 ^a	44,20±0,84 ^b

Keterangan:

- Semua nilai merupakan nilai *mean* ± standar deviasi
- Pada baris yang sama, nilai yang diikuti oleh *superscript* berbeda dalam alfabet menunjukkan hubungan yang berbeda secara nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 7, dapat diketahui bahwa antar kedua resep tersebut tidak terdapat perbedaan yang nyata pada *theoretical OG*, namun pada saat proses *wort separation* terdapat perbedaan yang nyata pada OG *main wort* dimana pada *current recipe* mendapatkan hasil yang lebih tinggi daripada *flexible recipe*. Kemudian, dari kedua resep menunjukkan perbedaan nyata pada total waktu *sparging* dimana pada *flexible recipe* membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan *current recipe*.

3.1.4. Wort Cooling

Parameter yang diukur pada tahap ini meliputi OG, volume *wort* yang didapat, *colour*, AEFA, pH, *turbidity*, FAN, *brewhouse yield*, *extract losses*. OG menggambarkan konsentrasi wort. *Colour* melambangkan tingkat kegelapan warna pada wort. AEFA menggambarkan kadar gula yang tidak dapat difermentasi seperti dekstrin. FAN menggambarkan kadar protein pada wort. Dari nilai OG dan volume wort yang didapat, dimasukkan ke dalam perhitungan yang ada, maka akan didapatkan nilai *brewhouse yield* dan *extract losses*. *Brewhouse yield* menggambarkan kadar gula yang dapat difermentasi dalam wort. Sedangkan, *extract losses* menggambarkan ekstrak yang terbuang selama proses produksi wort. Hasil pengukuran beberapa parameter pada proses *wort cooling* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisa Hasil pengukuran parameter-parameter pada *Cold Wort*

Parameter	<i>Flexible Recipe</i>	<i>Current Recipe</i>
OG (% wt)	15,86±0,27 ^a	16,50±0,27 ^b
Volume (hl)	207,20±4,66 ^a	207,40±2,91 ^a
<i>Colour</i> (EBC)	16,67±0,80 ^a	15,96±0,41 ^a
AEFA (% wt)	2,44±0,07 ^a	2,98±0,07 ^b
pH	5,24±0,03 ^a	5,23±0,01 ^a
FAN (ppm)	163,20±10,03 ^a	149,80±5,31 ^b
<i>Brewhouse Yield</i> (%)	96,33±1,73 ^a	100,43±2,77 ^b
<i>Extract Losses</i> (%)	4,39±2,20 ^a	0,37±0,23 ^b

Keterangan:

- Semua nilai merupakan nilai *mean* ± standar deviasi
- Pada baris yang sama, nilai yang diikuti oleh *superscript* berbeda dalam alfabet menunjukkan hubungan yang berbeda secara nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 8, dapat diketahui bahwa antara *Flexible Recipe* dan *Current Recipe* terdapat perbedaan yang nyata pada OG, AEFA, FAN, *brewhouse yield*, dan *extract losses*. Untuk OG, AEFA, dan *brewhouse yield*, pada *current recipe* mendapatkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan *flexible recipe*. Untuk FAN dan *extract losses*, pada *flexible recipe* mendapatkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan *current recipe*. Sedangkan, pada parameter-parameter lain seperti volume wort yang didapat, *colour*, dan pH, pada kedua resep tidak terdapat perbedaan yang nyata.

3.2. Proses Fermentasi

Data *yeast* yang digunakan untuk proses fermentasi masing-masing resep dapat dilihat pada Tabel 9. Beberapa parameter yang diteliti meliputi generasi *yeast* yang digunakan, *fermentation speed*, volume wort, *yeast pitching rate*, *dead cell*, dan, *quantity*. Untuk *yeast pitching rate* didapatkan dari perhitungan *dead cell*, *consistency*, dan volume wort. Untuk kuantitas *yeast* dihitung dengan rumus khusus dari Multi Bintang Indonesia.

Tabel 9. Data *yeast* yang digunakan untuk fermentasi pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Parameter	<i>Flexible Recipe</i>	<i>Current Recipe</i>	Standar MBI
Generasi <i>yeast</i>	J-3	J-4	<5 generation
Volume wort (hl)	1.036	1.037	±1.025
<i>Dead cell</i> (%)	4,86	4,90	<5,00
<i>Yeast consistency</i> (%)	53,23	55,15	40-60
Kuantitas	375	362	<i>Depends pitching rate</i>
<i>Yeast pitching rate</i> (g/hl)	193,00	192,52	177-214

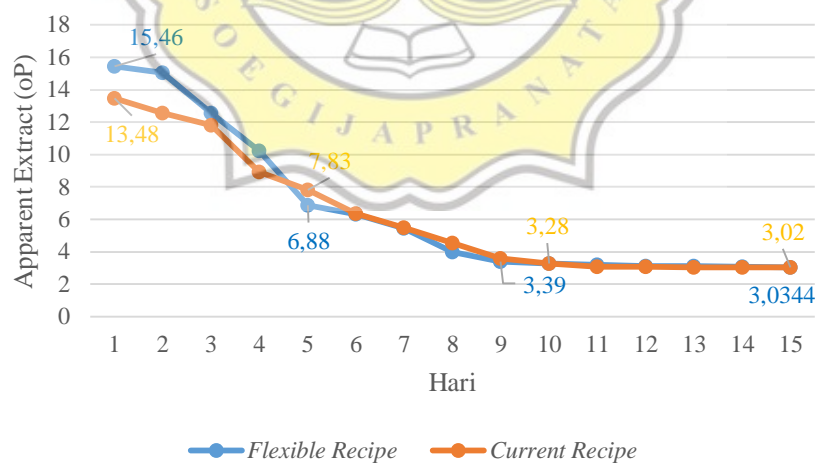
Berdasarkan Tabel 9, dapat diketahui bahwa jenis *yeast* yang digunakan dalam proses fermentasi pada kedua resep berasal dari generasi yang sama (generasi J). *Yeast* untuk fermentasi pada *flexible* recipe adalah J-3 yang artinya *yeast* tersebut sudah digunakan untuk fermentasi *batch* sebelumnya sebanyak 2 kali, sedangkan *yeast* untuk *current* recipe adalah J-4 yang artinya *yeast* tersebut sudah digunakan untuk fermentasi *batch* sebelumnya sebanyak 3 kali. Berdasarkan perhitungan *dead cell*, *consistency*, dan *volume wort* yang akan difermentasi, *yeast pitching rate* antara kedua resep berbeda dimana untuk *flexible* recipe sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan resep *current* recipe. Selanjutnya, data fermentasi per hari yang meliputi *Apparent Extract*, pH, dan *colour* akan ditampilkan pada gambar 2, 3, 4, dan 5. Parameter *fermentation speed* yang dihitung dengan rumus yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. *Fermentation Speed* pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Resep	<i>Fermentation Speed</i> (°P/hari)
<i>Flexible Recipe</i>	1,83
<i>Current Recipe</i>	1,76

Keterangan :

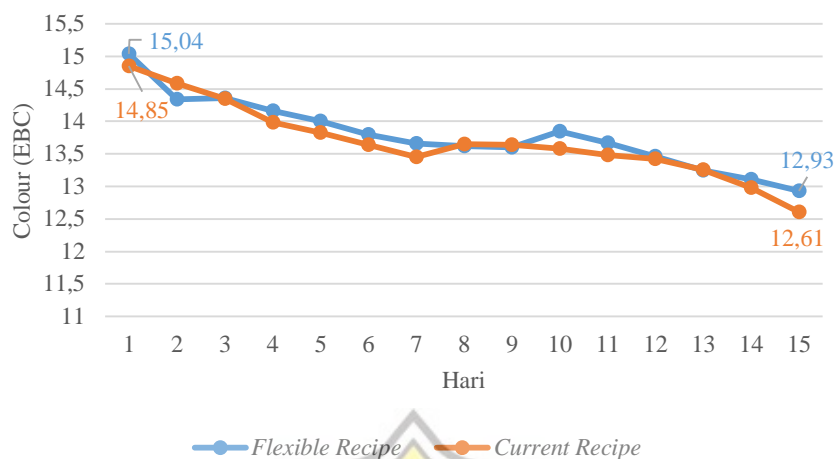
Hasil *fermentation speed* didapat perhitungan dengan rumus yang telah dijelaskan pada sub bab 2.3.8.



Gambar 2. Perubahan *Apparent Extract* pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

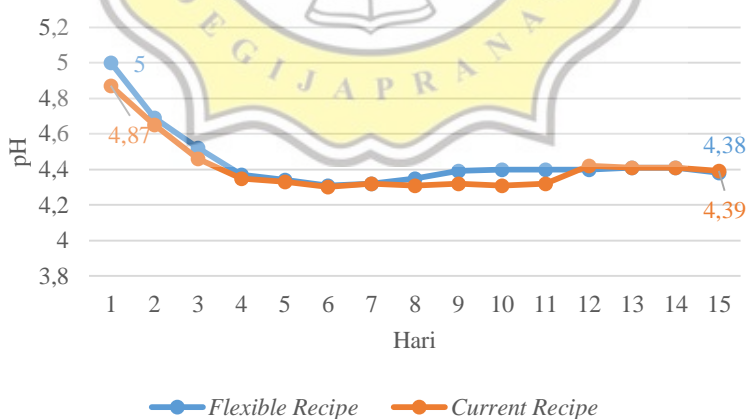
Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya waktu, nilai *Apparent Extract* pada *flexible* recipe dan *current* recipe semakin menurun. Dalam waktu 15 hari, pada *flexible* recipe, nilai AE mengalami penurunan dari 15,46°P menjadi 3,03°P.

Kemudian, pada *current recipe*, dalam waktu 15 hari, nilai AE mengalami penurunan dari 13,48°P menjadi 3,02°P.



Gambar 3. Perubahan nilai *colour* pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai *colour* mengalami penurunan seiring bertambahnya hari. Pada *flexible recipe*, nilai *colour* mengalami penurunan dari 15,04 EBC menjadi 12,93 EBC. Pada *current recipe*, nilai *colour* mengalami penurunan dari 14,85 EBC menjadi 12,61 EBC.



Gambar 4. Perubahan nilai pH pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai pH mengalami penurunan seiring bertambahnya hari. Pada *flexible recipe*, nilai pH mengalami penurunan dari 5 menjadi 4,38. Pada *current recipe*, nilai pH mengalami penurunan dari 4,87 menjadi 4,39. Hasil

akhir dari proses fermentasi antara *flexible recipe* dan *current recipe* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengukuran Parameter-Parameter Pada Akhir Proses Fermentasi pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Parameter	<i>Flexible Recipe</i>	<i>Current Recipe</i>
AE (°P)	3,03	3,02
pH	4,38	4,39
<i>Colour</i> (EBC)	12,61	12,98
Kadar alkohol (%)	7,42	7,14

Berdasarkan Tabel 11, dapat kita lihat bahwa *flexible recipe* mendapatkan nilai yang lebih tinggi untuk seluruh parameter kecuali pH dibandingkan dengan *current recipe*. Untuk pH, kedua resep mendapatkan nilai yang sama di akhir proses fermentasi. Pengukuran parameter di akhir proses fermentasi hanya dilakukan sekali saja karena menurut Heineken (2018), hasil pengukuran parameter ini hanya digunakan sebagai acuan untuk proses filtrasi dan sebagai bukti bahwa proses fermentasi telah berlangsung dengan optimal.

3.3. Filtrasi

Wort yang telah melalui tahap *storage* selama \pm 1-2 hari akan menuju proses filtrasi. Proses filtrasi hanya berlangsung sekali pada tiap *batch* produksi sehingga data yang diperoleh tanpa pengulangan untuk setiap resepnya. Pada proses filtrasi, terdapat beberapa parameter yang diamati meliputi OG, AE, *colour*, pH, dan kadar alkohol. Parameter-parameter tersebut diamati pada setelah proses filtrasi selesai. Hasil pengukuran parameter-parameter dalam proses filtrasi dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengukuran Parameter-Parameter Pada Akhir Proses Filtrasi Pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Parameter	<i>Flexible Recipe</i>	<i>Current Recipe</i>	Standar MBI
OG (°P)	10,35	10,30	10,30-10,70
AE (°P)	1,95	1,87	1,30-2,00
<i>Colour</i> (EBC)	7,60	7,70	7,00-9,00
pH	4,47	4,49	4,25-4,65
Alkohol (% v/v)	4,47	4,48	4,40-4,80

Berdasarkan Tabel 12, dapat dilihat nilai OG, AE, *colour*, dan kadar alkohol setelah proses filtrasi. Untuk OG dan AE, pada *flexible recipe* mendapatkan nilai yang lebih tinggi daripada *current recipe*. Sedangkan, untuk parameter-parameter lain seperti *colour*, pH, dan kadar alkohol, hasil filtrasi pada *current recipe* mendapatkan nilai yang lebih tinggi daripada *flexible recipe*.

3.4. Finished Product

Setelah bir selesai difiltrasi, maka bir sudah siap untuk masuk dalam proses pembotolan. Proses pembotolan hanya berlangsung sekali tiap *batch* produksi sehingga data yang didapat tanpa adanya pengulangan untuk setiap reseponya. Setelah bir selesai dibotolkan, maka *finished product beer* akan diambil beberapa sampel untuk diuji sensori dengan metode *off flavour identification test* (OIT) dan dianalisa beberapa parameter yang meliputi OG, AE, *colour*, kadar alkohol, pH, *turbidity*, *foam stability*, FA, *turbidity 7 days*, *bitterness*, VDK, dan SO₂. Hasil pengukuran beberapa parameter pada *Finished Product* dapat dilihat pada Tabel 13. Hasil uji sensori dengan OIT dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 13. Hasil Pengukuran Parameter-Parameter Pada *Finished Product* untuk *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Parameter	<i>Flexible Recipe</i>	<i>Current Recipe</i>	Standar MBI
OG (°P)	10,46	10,49	10,30-10,70
Kadar Alkohol (% v/v)	4,50	4,54	4,40-4,80
AE (°P)	1,90	1,84	1,30-2,00
<i>Colour</i> (EBC)	7,90	7,80	7,00-9,00
pH	4,52	4,53	4,25-4,65
<i>Turbidity</i> (EBC)	0,34	0,34	0-0,8
<i>Foam Stability</i> (s)	236	230	230-350
AEFA (%wt)	1,55	1,43	1,30-1,70
<i>Turbidity 7 days</i> (EBC)	2,33	1,65	0-2,50
<i>Bitterness</i> (EBU)	13,95	15,00	13,5-16,5
VDK (mg/L)	0,05	0,05	0-0,05
SO ₂ (mg/L)	5,80	8,40	0-8,00

Berdasarkan Tabel 13, dapat diketahui tentang hasil *finished product* untuk *flexible recipe* maupun *current recipe*. Pada *current recipe* beberapa parameter seperti OG, kadar

alkohol, *bitterness*, pH dan SO₂, mendapatkan nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan *flexible recipe*. Sedangkan, untuk parameter lain seperti AE, AEFA, *foam stability*, dan *colour*, pada *flexible recipe* mendapatkan nilai yang lebih tinggi daripada *current recipe*. Untuk pH, VDK dan *turbidity* dari kedua resep mendapatkan hasil yang sama.

Tabel 14. Analisa Hasil Sensori pada *Flexible Recipe* dan *Current Recipe*

Parameter	<i>Flexible Recipe</i>	<i>Current Recipe</i>
Skor	63±3,24 ^a	61±2,00 ^a
<i>Remarks off flavour</i>	<i>Sulphury, Floral</i>	<i>Sulphury</i>

Keterangan:

- *Range* skor antara 50-75 (*Heineken Scale*) dan ditentukan berdasarkan senyawa-senyawa *off flavour* yang tercium oleh masing-masing panelis
- Semua nilai merupakan nilai *mean ± standar deviasi*
- Pada baris yang sama, nilai yang diikuti oleh *superscript* berbeda dalam alfabet menunjukkan hubungan yang berbeda secara nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 14, dapat diketahui bahwa dari hasil analisa uji sensori antara *flexible recipe* dan *current recipe* tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Kemudian, untuk *remarks* yang didapat, pada *flexible recipe* terdapat *off flavour sulphury* dan *floral* sedangkan pada *current recipe* terdapat *off flavour sulphury*.

4. PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Perubahan Komposisi *Malt* dalam Pembuatan *Wort*

Proses pembuatan *wort* terdiri atas tahap *malting*, *milling*, *mashing*, *wort separation*, *wort boiling*, *wort clarification*, dan *wort cooling* (Kunze, 2004). Hal pertama yang akan dibahas adalah proses *milling* dengan menggunakan mesin *hammer mill*. Menurut IBD (2017), untuk mengecek performa *hammer mill* maka perlu dilakukan *sieving analysis*. Berdasarkan hasil *sieving analysis* pada Tabel 5, kita dapat mengetahui pembagian komposisi tiap-tiap fraksi pada kedua resep. Hampir semua pembagian fraksi dari setiap *barley* dan *malt* terutama fraksi ke-3 hingga ke-6 belum sesuai standar (Kunze, 2004). Ketidaksesuaian data yang didapat dengan standar yang ada dikarenakan oleh kondisi pisau yang kurang tajam (IBD, 2017). Pisau yang terdapat dalam mesin *hammer mill* diganti setiap setahun sekali atau ketika ada kerusakan sehingga karena pisau tersebut digunakan terus menerus tanpa berhenti maka mengakibatkan penggilingan *malt* yang kurang optimal. Kondisi pisau dalam mesin *hammer mill* yang kurang tajam menyebabkan proses *milling* belum berjalan dengan optimal dan belum terpenuhinya standar tiap fraksi yang telah ditetapkan (Kunze, 2004). Berdasarkan data hasil *sieving analysis* yang diperoleh diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan untuk fraksi *husks*, *coarse grits*, dan *fine grist I*. Perbedaan ini diakibatkan oleh karena waktu penelitian *flexible recipe* dan *current recipe* yang berbeda dimana penelitian dengan *flexible recipe* dilakukan terlebih dahulu dan seminggu kemudian dilanjutkan penelitian terhadap *current recipe*. Perbedaan waktu penelitian dapat berpengaruh terhadap performa mesin *hammer mill* pada saat itu yang kemudian mempengaruhi hasil dari *sieving analysis* pada kedua resep.

Grist yang dihasilkan dari proses *milling* masuk pada *mash tun* untuk proses *mashing* dimana reaksi enzimatik terjadi. Reaksi ini bertujuan untuk mengkonversi pati pada *barley* dan *malt* menjadi gula-gula sederhana. Hasil uji iodin dan pH *mash* dapat dilihat pada Tabel 7. Dari tabel tersebut, diketahui bahwa tidak ada perbedaan nyata pada pH *mash* antara *flexible recipe* dan *current recipe* serta hasil uji iodin pada kedua resep menunjukkan hasil negatif. Hasil negatif ini menunjukkan bahwa *mash* sudah tidak mengandung pati dan seluruh pati sudah terkonversi secara optimal menjadi gula-gula

sederhana (IBD, 2016). Perubahan komposisi *malt* dalam *flexible recipe* dan *current recipe* tidak berpengaruh terhadap pH karena komposisi *malt* hanya mempengaruhi hal-hal yang berhubungan dengan karbohidrat dan protein, sedangkan pH berhubungan dengan *acid dosing* dalam proses *mashing* (Briggs *et al.*, 2004).

Setelah proses reaksi enzimatik selesai, selanjutnya *mash* akan melalui proses *wort separation* dengan mesin *mash filter Meura 2001*. Selama proses *wort separation*, *mash* akan disaring untuk mendapatkan *wort* yang jernih. Menurut Kunze (2004), mesin *Meura 2001* cocok digunakan untuk menyaring *wort* yang memiliki fraksi terbesar pada fraksi ke-4 dan 5. Hasil penelitian mengenai pengaruh *flexible recipe* dan *current recipe* pada proses *wort separation* dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan Tabel 8, diketahui bahwa *original gravity* (OG) *main wort* pada *flexible recipe* lebih rendah dan total waktu *sparging* yang diperlukan lebih lama dibandingkan *current recipe*. Padahal, bila dilihat dari nilai *theoretical OG*, antara *flexible recipe* dan *current recipe* tidak terdapat perbedaan yang nyata yang berarti bahwa kedua resep tersebut memiliki *original gravity* (OG) awal yang sama secara teoritis. Dari hasil yang telah diperoleh, maka dapat dipastikan pada *flexible recipe* terdapat masalah pada proses *wort separation*. Masalah ini disebabkan oleh tingginya jumlah fraksi ke-5 (fraksi *Flour D*) pada *flexible recipe* sehingga mengakibatkan *filter bed* menjadi tersumbat (IBD, 2017). Pernyataan ini juga didukung oleh Kunze (2004) yang menyatakan bahwa suatu resep dengan jumlah *flour grist* yang tinggi, akan memiliki viskositas yang tinggi sehingga dapat menyumbat pori-pori dari *filter bed* dan berakibat rendahnya nilai OG pada *main wort* dan lamanya waktu *sparging*.

Berdasarkan Tabel 8, dapat diketahui bahwa antara *flexible recipe* dan *current recipe* terdapat perbedaan yang nyata pada OG, AEFA, FAN, *brewhouse yield*, dan *extract losses*. OG pada *flexible recipe* mendapat nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan *current recipe* yang disebabkan oleh tidak optimalnya proses *wort separation* pada *flexible recipe* sehingga sebagian ekstrak ikut terbuang bersama dengan ampas malt/*spent grain*. Namun, walaupun terdapat proses yang tidak optimal selama proses *wort separation*, nilai OG yang diperoleh pada *flexible recipe* masih berada dalam batas aman berdasarkan standar Multi Bintang Indonesia (2019). Adanya proses yang tidak optimal selama proses pembuatan *wort* juga dapat dilihat melalui parameter *extract losses* pada *flexible recipe* yang cenderung tinggi dan nilai *brewhouse yield* yang cenderung rendah.

Menurut IBD (2016), *brewhouse yield* menggambarkan kandungan ekstrak gula sederhana yang terlarut dalam *wort* sehingga jika nilai *brewhouse yield* rendah, maka proses fermentasi akan terganggu. Untuk parameter *Apparent Extract after Final Attenuation* (AEFA), kedua resep sudah sesuai dengan standar Multi Bintang Indonesia (2019) namun, pada *flexible recipe* mendapatkan nilai yang lebih rendah daripada *current recipe*. Hal ini berarti bir yang diproduksi dengan *flexible recipe* akan memiliki *mouthfeel* yang *watery*. *Mouthfeel watery* pada bir akhir disebabkan oleh rendahnya kadar AEFA yang terdiri atas gula-gula yang tidak dapat difermentasi oleh *yeast* (IBD, 2017). Untuk parameter *Free Amino Nitrogen* (FAN), antara *flexible recipe* dan *current recipe* sama-sama mendapatkan hasil di bawah standar Multi Bintang Indonesia (2019). Menurut Hill & Stewart (2019), terdapat dua penyebab rendahnya kandungan nitrogen dalam *wort*. Pertama, sebanyak 70% dari kandungan nitrogen dalam *wort* dihasilkan selama proses *malting* berlangsung. Total nitrogen tersebut berhubungan erat dengan reaksi enzimatik selama proses *mashing*. Karena jenis *barley* yang digunakan oleh perusahaan merupakan *barley* yang kaya akan kandungan karbohidratnya, maka kandungan nitrogen dalam *wort* akan rendah. Kedua, sebanyak 30% kandungan nitrogen dalam *wort* dihasilkan selama proses *mashing* berlangsung. Proses *mashing* akan menghasilkan *wort* dengan kandungan nitrogen yang optimal jika berlangsung pada suhu 40-50°C dan pH 3,8. Karena proses *mashing* dalam pembuatan *wort* di PT Multi Bintang Indonesia berlangsung pada suhu 50-75°C dan pH 5-5,5, maka hal inilah yang menyebabkan rendahnya nilai FAN dalam *wort*. Untuk parameter-parameter lain seperti volume *wort* yang didapat, *colour*, dan pH, pada kedua resep tidak terdapat perbedaan yang nyata pada kedua resep dan semuanya sudah memenuhi standar yang telah ditentukan.

4.2. Pengaruh Perubahan Komposisi *Malt* terhadap Proses Fermentasi

Salah satu parameter penting dalam proses fermentasi adalah kecepatan fermentasi. Berdasarkan Tabel 10, dapat kita lihat bahwa kecepatan fermentasi pada *flexible recipe* sedikit lebih cepat dibandingkan dengan *current recipe*. Kecepatan fermentasi berhubungan dengan penurunan nilai *Apparent Extract* (AE) selama 5 hari pertama fermentasi (Multi Bintang Indonesia, 2018). Grafik penurunan AE yang tajam pada *flexible recipe* dapat kita lihat pada Gambar 2. Menurut IBD (2017), terdapat beberapa

hal yang dapat menyebabkan *flexible recipe* memiliki kecepatan fermentasi yang lebih tinggi daripada *current recipe*, di antaranya adalah tingginya nilai *yeast pitching rate* dan rendahnya generasi *yeast* yang digunakan. Berdasarkan penelitian Kucharczyk & Tuszyński (2015) bahwa semakin tinggi *yeast pitching rate*, maka jumlah biomassa *yeast* selama 3 hari awal fermentasi juga semakin banyak. Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa *yeast* yang digunakan pada *flexible recipe* sudah digunakan sebanyak dua kali proses fermentasi pada *batch* sebelumnya dibandingkan dengan *yeast* pada *current recipe* yang sudah digunakan sebanyak tiga kali. Menurut IBD (2016), *yeast* yang telah digunakan berulang kali dalam hal ini adalah *yeast* pada *current recipe* cenderung memiliki kecepatan fermentasi yang lebih lambat karena banyaknya sel *yeast* yang mati. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Powell *et al* (2003), *yeast* yang baru pertama kali digunakan memerlukan waktu pada fase lag lebih lama untuk melakukan perbanyakan biomassa sel. *Yeast* yang sering digunakan untuk proses fermentasi dapat mempengaruhi peningkatan kecepatan fermentasi. Namun, hal ini tidak berlangsung terus menerus karena pada suatu titik, *yeast* akan mulai mengalami penurunan kecepatan fermentasi dikarenakan banyaknya sel *yeast* yang sudah tua atau bahkan mati. Kedua hal inilah yang menyebabkan penurunan nilai AE yang tajam selama 5 hari fermentasi awal dan tingginya kecepatan fermentasi pada *flexible recipe*. Di akhir proses fermentasi, dapat kita lihat pada Gambar 2 dan Tabel 11 bahwa nilai AE pada *flexible recipe* dan *current recipe* tidak terdapat perbedaan yang signifikan dan penurunan AE setelah hari kelima fermentasi cenderung sama untuk kedua resep. Untuk kadar alkohol yang dihasilkan pada akhir fermentasi, berdasarkan Tabel 11, dapat diketahui bahwa pada *flexible recipe* mendapatkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan *current recipe*. AE dan kadar alkohol berbanding lurus dimana ketika AE di awal proses fermentasi tinggi, maka kadar alkohol yang akan dihasilkan pada akhir proses fermentasi juga akan semakin tinggi (Kucharczyk & Tadeusz, 2015).

Selama proses fermentasi berlangsung, baik untuk *flexible recipe* dan *current recipe* mengalami penurunan warna (Gambar 3). Menurut IBD (2016), penurunan warna selama proses fermentasi berlangsung disebabkan oleh penurunan pH dan penyerapan substansi warna pada sel *yeast* di dasar tangki atau *foam* di bagian atas tangki. Ketika di awal proses fermentasi, pada *flexible recipe* mendapatkan nilai *color* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *current recipe*. Kemudian, di akhir proses fermentasi, warna pada *flexible recipe*

juga mendapatkan nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan *current recipe*. Hal ini berarti bahwa penurunan warna pada masing-masing resep dikatakan sebanding dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar kedua resep. Berdasarkan Gambar 4, selama proses fermentasi, *flexible recipe* dan *current recipe* mengalami penurunan pH yang serupa dan di akhir proses fermentasi, nilai pH pada kedua resep adalah sama. Penurunan pH diakibatkan oleh pembentukan asam karbonat selama proses fermentasi dan hasil sekresi oleh *yeast* berupa asam-asam organik seperti asam piruvat, asam asetat, asam format, asam suksinat, asam butirat, dan lain-lain (Briggs *et al.*, 2004).

4.3. Pengaruh Perubahan Komposisi *Malt* pada Proses Filtrasi dan *Finished Product*

Berdasarkan Tabel 12, dapat dilihat bahwa adanya proses filtrasi pada bir setelah proses fermentasi mengakibatkan penurunan pada OG, AE, *colour*, dan kadar alkohol. Hal ini dikarenakan selama proses filtrasi, bir akan diencerkan dengan *deaerated water* supaya dapat mendapatkan kadar alkohol yang diinginkan (Kunze, 2004). Untuk *Original Gravity* (OG) dan *Apparent Extract* (AE), pada *flexible recipe* mendapatkan nilai yang lebih tinggi daripada *current recipe*. Sedangkan, untuk parameter-parameter lain seperti *colour*, pH, dan kadar alkohol, hasil filtrasi pada *current recipe* mendapatkan nilai yang lebih tinggi daripada *flexible recipe*. Menurut Heineken (2018), semua parameter dalam proses filtrasi mempunyai batas aman dan batas kritis. Jika data yang didapat berada dalam batas normal, maka proses filtrasi sudah optimal. Hasil yang diperoleh dalam proses filtrasi ini sudah sesuai dengan standar dan berada dalam batas normal (Multi Bintang Indonesia, 2018).

Berdasarkan Tabel 13, dapat diketahui tentang hasil bir yang telah dikemas untuk *flexible recipe* maupun *current recipe*. Pada *current recipe* beberapa parameter seperti OG, kadar alkohol, *bitterness*, pH dan SO₂, mendapatkan nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan *flexible recipe*. *Original gravity* (OG) dan kadar alkohol berbanding lurus dimana semakin tinggi OG, maka jumlah gula sederhana yang dapat difermentasi semakin banyak sehingga kadar alkohol yang dihasilkan melalui proses fermentasi akan semakin tinggi (Kucharczyk & Tuszynski, 2015). Untuk parameter *bitterness* pada tiap resep bir, hal ini berkaitan dengan jumlah senyawa pemberi rasa pahit

(iso- α -acid). Karena jumlah ekstrak hop yang digunakan dan waktu pemanasan *wort* untuk *flexible recipe* dan *current recipe* adalah sama, maka perubahan komposisi *malt* ini tidak akan berpengaruh terhadap *bitterness* dalam bir setelah dikemas. Untuk parameter pH bergantung pada *acid dosing* pada awal proses pembuatan *wort* dan selanjutnya murni dipengaruhi oleh aktivitas *yeast* sehingga perubahan komposisi *malt* tidak akan berpengaruh terhadap pH pada bir akhir (IBD, 2016). Untuk parameter lain seperti AE, AEFA, *foam stability*, dan *colour*, pada *flexible recipe* mendapatkan nilai yang lebih tinggi daripada *current recipe*. Nilai AE dan AEFA pada *flexible recipe* sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan *current recipe*. Tingginya AE dan AEFA pada *flexible recipe* berkontribusi pada meningkatnya *body* pada *flavour* bir (IBD, 2017). Nilai *foam stability* pada *flexible recipe* lebih tinggi daripada *flexible recipe* karena pengaruh dari metode *high gravity brewing* yang digunakan dalam proses fermentasi di PT Multi Bintang Indonesia. Metode *high gravity brewing* adalah suatu metode dimana *wort* dibuat dengan konsentrasi yang lebih tinggi daripada konsentrasi normal dan selanjutnya dilakukan pengenceran dengan *deaerated water*. Salah satu kelemahan dari metode ini adalah penurunan ekstraksi protein pembentuk *foam* pada saat proses *mashing* sehingga berdampak pada ketidakstabilan nilai *foam stability* IBD (2016). Menurut Heineken (2018), parameter *turbidity 7 days* berguna untuk memperkirakan umur simpan dari suatu produk bir akhir yang telah dikemas. Metode dalam penentuan *turbidity 7 days* adalah dengan mengukur tingkat kekeruhan (*turbidity*) pada bir setelah disimpan pada suhu 58 °C. Pada Tabel 13, dapat dilihat bahwa nilai *turbidity 7 days* untuk *flexible recipe* lebih tinggi daripada *current recipe* dimana artinya adalah setelah disimpan dalam jangka waktu yang lama, bir dengan *current recipe* memiliki tingkat kekeruhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *flexible recipe*. Hal ini membuktikan bahwa umur simpan untuk bir dengan *flexible recipe* lebih pendek daripada *current recipe* (Heineken, 2019). Kemudian, parameter-parameter lainnya seperti pH, VDK dan *turbidity* dari kedua resep mendapatkan hasil yang sama sehingga dapat dikatakan bahwa perubahan komposisi *malt* dalam *flexible recipe* dan *current recipe* tidak mempengaruhi ketiga parameter tersebut. Seperti yang telah dikatakan sebelumnya bahwa, semua proses dalam pembuatan bir mempunyai batas aman dan batas kritis (Heineken, 2018). Karena semua hasil parameter-parameter yang terdapat dalam bir akhir sudah berada dalam batas aman, maka dapat

dikatakan bahwa proses *packaging* telah sesuai dengan standar menurut Multi Bintang Indonesia (2019).

Pada bir yang telah dikemas juga dilakukan uji sensori untuk mengetahui perbedaan sensori antara *flexible recipe* dan *current recipe*. Metode yang digunakan dalam uji sensori ini adalah *off flavour identification test* (OIT). Menurut Heineken (2019), *off flavour identification test* adalah suatu uji yang digunakan untuk mendeteksi *off flavour* pada bir, seperti *sulphury*, *diacetyl*, *acetaldehyde*, *estery*, *fruity*, dan masih banyak lagi. Berdasarkan Tabel 14, dapat diketahui bahwa dari hasil analisa uji sensori antara *flexible recipe* dan *current recipe* tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Menurut Heineken (2019), bir dengan *flexible recipe* dan *current recipe* sama-sama mempunyai beberapa *off flavour* pada level rendah. Hal ini terbukti dengan ditemukannya beberapa *off flavour* pada kedua bir tersebut. Pada *flexible recipe* ditemukan terdapat *off flavour sulphury* dan *floral* sedangkan pada *current recipe* terdapat *off flavour sulphury*. Menurut IBD (2017), faktor penentu terbesar karakteristik flavour dan aroma pada bir adalah dari *yeast* dan proses fermentasi. Menurut Kunze (2004), *remark floral* pada bir *flexible recipe* berhubungan dengan senyawa *higher alcohol* yaitu 2 *phenyletanol* yang dihasilkan sebagai produk samping dari fermentasi bir. Senyawa ini dapat muncul diakibatkan oleh beberapa hal yaitu rendahnya nilai *Free Amino Nitrogen* (FAN) pada wort dari *Flexible Recipe* (<180 ppm) (Ferreira & Guido, 2018). Sedangkan, *remark sulphury* yang muncul pada bir *flexible recipe* dan *current recipe* berkaitan dengan senyawa sulfur yang ada pada bir, dalam hal ini adalah senyawa H₂S atau SO₂. Senyawa ini dapat muncul dari aktivitas metabolisme *yeast* dari senyawa organik yang mengandung sulfur seperti asam amino dan vitamin (Kunze, 2004).