

**PENGARUH WAKTU PEREBUSAN DAN WAKTU FERMENTASI TERHADAP
PENINGKATAN TOTAL SENYAWA FENOLIK DAN FLAVONOID BIR ALE**
*[EFFECT OF BOILING TIME AND FERMENTATION TIME ON THE INCREASE OF
TOTAL PHENOLIC AND FLAVONOID COMPOUNDS IN ALE BEER]*

Adolf J. N Parhusip^{1*}, Aileen N. Wydiapranata¹, Fernando O. Iwantoro², Lincoln Halim²

¹Dosen Prodi Teknologi Pangan, UPH, Jl. M.H. Thamrin Boulevard, Karawaci, Tangerang

²Alumni Prodi Teknologi Pangan, UPH, Jl. M.H. Thamrin Boulevard, Karawaci, Tangerang

*Korespondensi penulis : adolf.parhusip@uph.edu

ABSTRACT

The use of all-extract brewing method can simplify ale brewing process because mashing process is unnecessary. Boiling and fermentation using the right time can increase total phenolic and flavonoid compounds of beer. This research was conducted to determine the best boiling and fermentation time to increase total phenolic and flavonoid compounds by considering SNI beer quality requirements. Ale brewing refers to Standard American Ale with modification with boiling time (10, 20, 30, 40, 50 minutes) and fermentation time (5, 7, 9, 11, 13 days) treatments. The tested parameters include pH value, total soluble solid, alcohol content, total phenolic compounds, and total flavonoid compounds. Saccharomyces cerevisiae was used as yeast. The results showed that the treatment of 30 minutes of boiling time and 9 days of fermentation time has the best results with a pH value of 4.875 ± 0.007 , a total soluble solid of 9.25 ± 0.35 °Brix, an alcohol content of $4.8 \pm 0\%$, the highest total phenolic compounds of 351.3 ± 4.24 mg GAE/ml, and the highest total flavonoid compounds of 34.8 ± 0.7 mg QE/ml. The characteristics of the produced ale beer are in accordance with the beer quality requirements.

Keywords : ale beer, all-extract brewing, Saccharomyces cerevisiae

ABSTRAK

Penggunaan metode *all-extract brewing* dapat mempermudah proses pembuatan bir *ale* karena proses *mashing* tidak perlu dilakukan. Proses perebusan dan fermentasi dengan menggunakan waktu yang tepat dapat meningkatkan total senyawa fenolik dan flavonoid bir yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan waktu perebusan dan fermentasi terbaik dalam meningkatkan total senyawa fenolik dan flavonoid dengan mempertimbangkan persyaratan mutu bir SNI. Pembuatan bir *ale* mengacu pada *Standard American Ale* dengan modifikasi dengan perlakuan waktu perebusan (10, 20, 30, 40, 50 menit) dan waktu fermentasi (5, 7, 9, 11, 13 hari). Parameter yang diuji meliputi nilai pH, total padatan terlarut, kadar alkohol, total senyawa fenolik, dan total senyawa flavonoid. Ragi yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan waktu perebusan 30 menit dan waktu fermentasi 9 hari memiliki hasil terbaik dengan nilai pH sebesar $4,875 \pm 0,007$, total padatan terlarut sebesar $9,25 \pm 0,35$ °Brix, kadar alkohol sebesar $4,8 \pm 0\%$, total senyawa fenolik tertinggi sebesar $351,3 \pm 4,24$ mg GAE/ml, dan total senyawa flavonoid tertinggi sebesar $34,8 \pm 0,7$ mg QE/ml. Karakteristik bir *ale* yang dihasilkan sudah sesuai dengan persyaratan mutu bir.

Kata kunci : bir ale, *all-extract brewing*, *Saccharomyces cerevisiae*

PENDAHULUAN

Bir merupakan minuman beralkohol hasil fermentasi pati tanpa melalui proses destilasi sehingga menghasilkan produk beralkohol rendah dengan kadar alkohol sebesar 4-6%. Bahan baku utama dalam pembuatan bir meliputi air, malt, hop, dan ragi (Barth, 2013). Terdapat dua strain utama yang digunakan untuk membuat bir, yaitu *Saccharomyces cerevisiae* untuk membuat bir jenis *ale* dan *Saccharomyces pastorianus* untuk membuat bir jenis *lager* (Hill, 2015).

Tahapan awal pembuatan bir adalah *mashing*, dimana dilakukan penguraian pati dalam biji *barley* menjadi malt dan ekstraksi dari komponen malt tersebut. Namun keterbatasan alat, waktu, dan banyaknya variabel yang perlu dikontrol menyebabkan proses *mashing* sulit dilakukan bagi pemula (Smart, 2020).

Ekstrak malt dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif biji *barley* untuk mempermudah proses pembuatan bir karena proses *mashing* tidak diperlukan. Metode ini disebut dengan *all-extract brewing* (Palmer, 2017).

Nilai fungsional bir ditentukan dari jumlah kandungan senyawa fenolik dan flavonoidnya karena kedua senyawa tersebut memiliki kaitan yang erat dengan aktivitas antioksidan (Dordevic, 2016). Peningkatan

senyawa fenolik dan flavonoid selama proses pembuatan merupakan hal yang baik karena nilai fungsional bir yang dihasilkan juga akan meningkat.

Proses perebusan dan fermentasi memiliki pengaruh langsung terhadap kandungan senyawa fenolik dan flavonoid suatu bahan. Dengan menggunakan waktu yang tepat, proses perebusan dan fermentasi dapat meningkatkan kandungan kedua senyawa tersebut (M'hiri *et al.*, 2017; Adetuyi dan Ibrahim, 2014). Namun, penentuan waktu perebusan dan fermentasi yang dapat meningkatkan kandungan senyawa fenolik dan flavonoid secara optimal dalam pembuatan bir *ale* belum ditemukan.

Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu perebusan dan waktu fermentasi yang paling baik dalam meningkatkan total senyawa fenolik dan flavonoid bir *ale* dengan mempertimbangkan persyaratan mutu bir SNI.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air, ekstrak malt bubuk, hop pelet jenis *cascade*, dan ragi *Saccharomyces cerevisiae* 'Mauribrew Ale

514'. Bahan pembuatan bir *ale* diperoleh dari 'Java Brewcraft'. Bahan yang digunakan untuk analisis adalah kuersetin 'Merck', asam galat 'Merck', dan reagen Folin-Ciocalteu 10% 'Merck'.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah termometer, neraca analitik 'Sartorius BP 221S', pH meter 'Metrohm', spektrofotometer UV-Vis 'Thermoscientific Genesys 20', refraktometer tangan 'Atago', dan piknometer 'Iwaki'.

Metode Penelitian

Penelitian bertujuan untuk menentukan proses pembuatan bir *ale* terpilih yang meliputi waktu perebusan (10, 20, 30, 40, dan 50 menit) dan waktu fermentasi (5, 7, 9, 11, dan 13 hari) berdasarkan nilai pH yang diukur menggunakan pH meter (BSN, 1995), total padatan terlarut yang diukur dengan menggunakan *hand refractometer* (Bayu *et al.*, 2017), kadar alkohol dengan metode piknometer (AOAC, 2005), total senyawa fenolik dan total senyawa flavonoid dengan metode spektrofotometer (Fidrianny *et al.*, 2013). Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktor dengan dua kali ulangan.

Prosedur Pembuatan Bir *Ale*

Pembuatan bir *ale* dilakukan berdasarkan prosedur pembuatan *Standard*

American Ale yang diambil dari *American Homebrewers Association* (2019), dengan modifikasi. Sebanyak 160 gram ekstrak malt bubuk dimasukkan dalam 1 liter air mendidih sambil diaduk hingga larut sempurna. Kemudian, 2 gram hop dimasukkan ke dalam larutan dan direbus sesuai dengan waktu perlakuan. Setelah larutan didinginkan hingga mencapai suhu 25 °C, ditambahkan ragi kering dengan konsentrasi 0,25% (b/b) yang telah direhidrasi dalam air hangan dengan rasio 1:10 selama 15 menit. Ragi yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* 'Mauribrew Ale 514'. Larutan difermentasi sesuai dengan waktu perlakuan pada suhu ruangan 25 °C dalam botol kaca tertutup. Setelah fermentasi selesai, larutan difiltrasi menggunakan kain saring untuk memisahkan ragi dan padatan dari larutan. Bir *ale* disimpan dalam kulkas hingga analisis dilakukan.

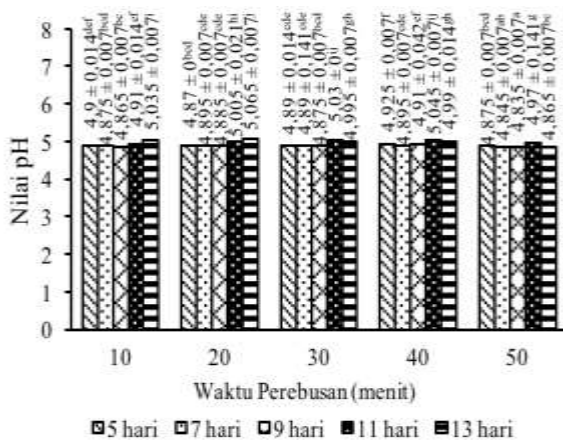
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu Perebusan dan Waktu Fermentasi terhadap Karakteristik Bir *Ale*

pH

Gambar 1 menunjukkan pH bir *ale* terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi antara waktu perebusan dan waktu fermentasi memiliki

pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap pH bir *ale*. Perlakuan waktu fermentasi 13 hari dan waktu perebusan 20 menit memiliki nilai pH tertinggi yaitu sebesar $5,065 \pm 0,007$. Perlakuan dengan waktu fermentasi 9 hari dan waktu perebusan 50 menit memiliki nilai pH terendah yaitu sebesar $4,835 \pm 0,007$.



Keterangan : Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

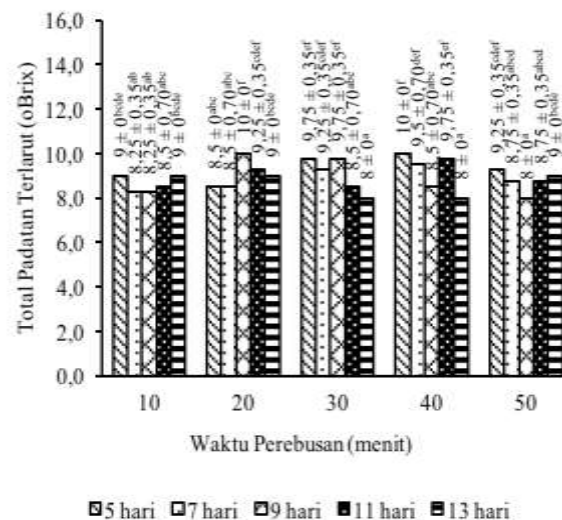
Gambar 1. pH bir *ale* terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi

Semakin lama waktu perebusan dan fermentasi, nilai pH akan semakin rendah. Selama perebusan, nilai pH dari *wort* akan mengalami penurunan sebesar 0,1-0,3 oleh sebab terbentuknya melanoidin, pelepasan asam hop, presipitasi alkalin fosfat, dan reaksi asidifikasi ion Ca dan Mg dengan fosfat (Willaert dan Baron, 2001). Ion Ca akan bereaksi dengan fosfat dan ikut terpresipitasi dalam bentuk $Ca_3(PO_4)_2$, sedangkan ion Mg akan bereaksi dengan ion

hidroksida sehingga terbentuk $Mg(OH)_2$ (Lei *et al.*, 2019).

Proses fermentasi akan menurunkan nilai pH bir lebih lanjut karena ragi menggunakan amino nitrogen bebas yang berperan sebagai agen buffer untuk membentuk asam organik (Bamforth, 2016). Faktor lain yang memengaruhi penurunan pH selama proses fermentasi adalah peningkatan ekskresi CO_2 terlarut yang memiliki sifat asam dalam bentuk H_2CO_3 (Fadilah *et al.*, 2018).

Total Padatan Terlarut



Keterangan : Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 2. Total padatan terlarut bir *ale* terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi

Gambar 2 menunjukkan nilai total padatan terlarut bir *ale* terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa

interaksi antara waktu perebusan dan waktu fermentasi memiliki pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap total padatan terlarut bir *ale*. Perlakuan waktu fermentasi 9 hari dan waktu perebusan 20 menit, beserta perlakuan waktu fermentasi 7 hari dan waktu perebusan 40 menit memiliki nilai total padatan terlarut tertinggi sebesar 10 ± 0 °Brix. Perlakuan dengan waktu fermentasi 9 hari dan waktu perebusan 50 menit memiliki nilai total padatan terlarut terendah sebesar 8 ± 0 °Brix.

Total padatan terlarut akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya waktu perebusan. Pengaruh perebusan terhadap total padatan terlarut erat kaitannya dengan denaturasi dan koagulasi protein yang terkandung pada *wort*. Semakin lama perebusan, maka semakin banyak protein yang terkoagulasi. Jin *et al.* (2009), menunjukkan bahwa terjadi penurunan kandungan protein dan asam amino setelah dilakukan tahap perebusan *wort*. Penelitian yang sama menyatakan bahwa proses perebusan menyebabkan terputusnya ikatan disulfida sehingga protein terdenaturasi dan terkoagulasi. Pada proses ini, berat molekul protein juga mengalami pengurangan. Koagulasi beserta pembuangan koagulan protein dari bir merupakan salah satu tahapan penting karena adanya protein yang memiliki berat molekul yang besar tidak hanya

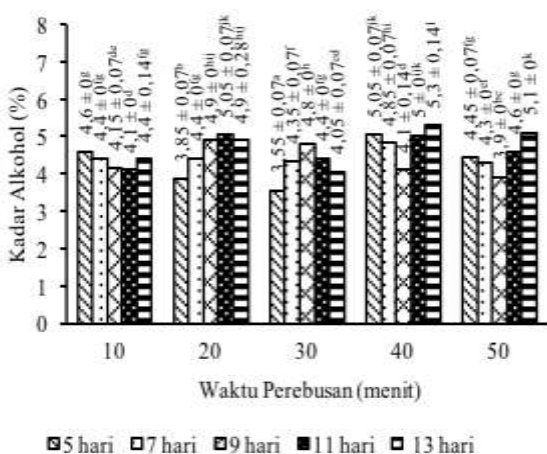
mengurangi kejernihan bir, namun juga menghambat proses fermentasi. Proses koagulasi protein dapat difasilitasi dengan menyesuaikan pH larutan. Koagulasi dapat dipercepat pada titik isoelektrik protein, nilai pH *wort* sebesar 5,2 direkomendasikan untuk membantu koagulasi protein (Bamforth, 2016).

Semakin lama proses fermentasi dilakukan, maka semakin rendah total padatan terlarut dalam bir (Fadilah *et al.*, 2018). Hal ini disebabkan oleh penguraian gula sederhana, khususnya maltosa, menjadi etanol dan karbon dioksida oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Sebanyak kurang lebih 20% dari total gula pereduksi merupakan oligosakarida yang tidak dapat digunakan dalam metabolisme *Saccharomyces cerevisiae* (Bokulich dan Bamforth, 2013). Oligosakarida dapat membentuk gel sehingga dapat memberikan *mouthfeel* pada bir (Martins *et al.*, 2019).

Kadar Alkohol

Gambar 3 menunjukkan kadar alkohol bir *ale* terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi antara waktu perebusan dan waktu fermentasi memiliki pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar alkohol bir *ale*. Perlakuan waktu fermentasi 13 hari dan waktu perebusan 40 menit

memiliki kadar alkohol tertinggi sebesar $5,3 \pm 0,14\%$. Perlakuan dengan waktu fermentasi 9 hari dan waktu perebusan 50 menit memiliki kadar alkohol terendah sebesar $3,55 \pm 0,07\%$.



Keterangan : Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 3. Kadar alkohol bir ale terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi

Semakin lama waktu perebusan, maka akan semakin tinggi kadar alkohol yang dihasilkan. Namun hal ini tergantung pada seberapa banyak protein yang terkoagulasi selama proses perebusan dan seberapa efektif pemisahan koagulan sebelum proses fermentasi dilakukan. Pemisahan koagulan secara efektif dapat meningkatkan jumlah gula yang diurai oleh ragi menjadi etanol karena koagulan dapat mengganggu proses fermentasi. Koagulan dapat teradsorpsi pada dinding sel *Saccharomyces cerevisiae* yang dapat menghalangi masuknya substrat serta

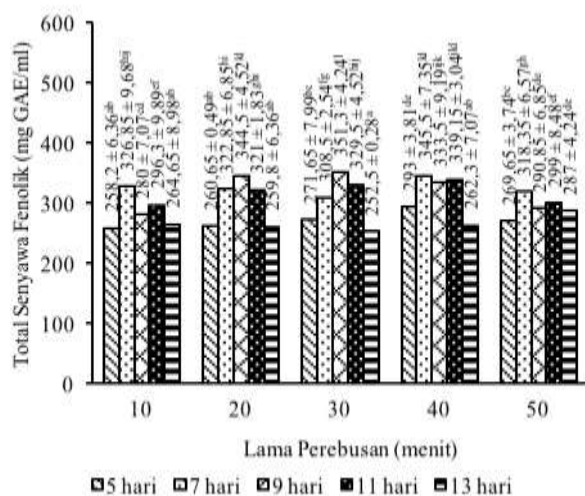
keluarnya produk dari sel (Devolli *et al.*, 2018).

Waktu fermentasi yang lebih lama akan menyediakan waktu lebih bagi *Saccharomyces cerevisiae* untuk menguraikan gula sehingga kadar alkohol yang dihasilkan akan semakin tinggi. *Saccharomyces cerevisiae* melakukan metabolisme terhadap gula untuk mendapatkan energi. Etanol dan karbon dioksida akan terbentuk pada akhir proses tersebut yang merupakan produk sekundernya (Bokulich dan Bamforth, 2013). Tahapan konversi gula menjadi etanol dimulai dari proses glikolisis dimana gula akan dikonversi menjadi asam piruvat dan ATP. Setelah itu, fermentasi alkohol akan terjadi apabila sel ragi berada dalam kondisi anaerobik. Proses fermentasi alkohol akan mengkonversi asam piruvat menjadi etanol dan karbon dioksida oleh bantuan enzim piruvat dekarboksilase dan alkohol dehidrogenase (Walker dan Stewart, 2016).

Total Senyawa Fenolik

Gambar 4 menunjukkan total senyawa fenolik bir ale terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi antara waktu perebusan dan waktu fermentasi memiliki pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap total senyawa fenolik bir

ale. Perlakuan waktu fermentasi 9 hari dan waktu perebusan 30 menit memiliki total senyawa fenolik tertinggi sebesar $351,3 \pm 4,24$ mg GAE/ml. Perlakuan dengan waktu fermentasi 13 hari dan waktu perebusan 30 menit memiliki total senyawa fenolik terendah sebesar $252,5 \pm 0,28$ mg GAE/ml.



Keterangan : Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 4. Total senyawa fenolik bir ale terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi

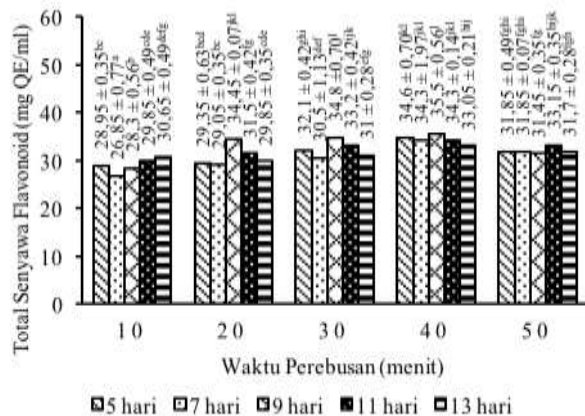
Perebusan dapat memfasilitasi ekstraksi senyawa fenolik yang terkandung dalam hop hingga pada waktu tertentu. Waktu perebusan yang berlebihan akan menyebabkan penurunan senyawa fenolik karena suhu tinggi dapat menyebabkan kerusakan oksidatif komponen tersebut (Chipurura *et al.*, 2010). Perebusan menggunakan waktu yang tepat dapat memaksimalkan proses ekstraksi komponen

bioaktif karena stabilitas dinding sel bahan akan terganggu pada suhu tinggi, mengakibatkan pembebasan komponen yang berada di dalam matriks sel ke media sekitarnya (M'hiri *et al.*, 2017). Penurunan senyawa polifenol selama perebusan juga berkaitan dengan terbuangnya senyawa tersebut bersamaan dengan koagulan. Hal ini terjadi karena senyawa fenolik dapat membentuk ikatan dengan presipitasi protein (Wannenmacher, 2018).

Sama seperti proses perebusan, terdapat waktu optimal peningkatan kandungan total senyawa fenolik selama fermentasi berlangsung. Setelah waktu optimal terlewati, maka terjadi penurunan kandungan senyawa tersebut. Menurut Adetuyi dan Ibrahim (2014), secara alami senyawa fenolik berikatan dengan gula sehingga mengurangi availabilitasnya. Selama fermentasi, kompleks fenolik tersebut akan dihidrolisis oleh organisme starter sehingga menghasilkan senyawa fenol bebas yang lebih aktif. Penurunan senyawa fenolik juga dapat disebabkan karena membran sel *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi komponen bioaktif yang terdapat pada suatu media (Nogueira *et al.*, 2008).

Total Senyawa Flavonoid

Gambar 5 menunjukkan total senyawa flavonoid bir *ale* terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi antara waktu perebusan dan waktu fermentasi memiliki pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap total senyawa flavonoid bir *ale*. Perlakuan waktu fermentasi 9 hari dan waktu perebusan 40 menit memiliki total senyawa flavonoid tertinggi sebesar $35,5 \pm 0,56$ mg QE/ml. Perlakuan dengan waktu fermentasi 7 hari dan waktu perebusan 10 menit memiliki total senyawa flavonoid terendah sebesar $26,85 \pm 0,77$ mg QE/ml.



Keterangan : Perbedaan notasi huruf menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Gambar 5. Total senyawa flavonoid bir *ale* terhadap waktu perebusan dan waktu fermentasi

Senyawa flavonoid merupakan turunan dari senyawa fenol, oleh sebab itu kandungan senyawa fenolik dan flavonoid pada suatu bahan berbanding lurus

(Wannenmacher, 2018). Dapat dilihat bahwa hasil pengujian total senyawa fenolik memiliki pola yang hampir serupa dengan hasil pengujian total senyawa flavonoid. Artinya, waktu perebusan dan waktu fermentasi memiliki pengaruh yang sama dalam meningkatkan total senyawa fenolik maupun total senyawa flavonoid.

Penentuan Waktu Perebusan dan Waktu Fermentasi Terpilih

Pemilihan waktu perebusan dan waktu fermentasi terbaik dilakukan berdasarkan kandungan total senyawa fenolik dan total senyawa flavonoidnya. Parameter pH dan kadar alkohol digunakan untuk menentukan mutu bir berdasarkan persyaratan mutu bir SNI, yaitu 3-5 dan 3-5% secara berurutan (BSN, 1995). Proses pembuatan bir *ale* yang dipilih adalah bir *ale* dengan perlakuan waktu perebusan 30 menit dan waktu fermentasi 9 hari. Hal ini dikarenakan perlakuan tersebut memiliki kandungan total senyawa fenolik tertinggi yaitu $351,3$ mg GAE/ml. Kandungan total senyawa flavonoid merupakan kedua yang tertinggi yaitu $34,8$ mg QE/ml, namun tidak berbeda signifikan dengan perlakuan yang memiliki total senyawa flavonoid tertinggi. Nilai pH dan kadar alkohol perlakuan tersebut sudah memenuhi standar mutu yaitu 4,875 dan 4,8% secara berurutan.

KESIMPULAN

Proses pembuatan bir *ale* yang dipilih pada penelitian ini adalah bir *ale* yang dibuat dengan perlakuan waktu perebusan 30 menit dan waktu fermentasi 9 hari. Nilai pH dari perlakuan tersebut sudah memenuhi standar yaitu 4,875. Kadar alkohol perlakuan tersebut juga sudah memenuhi standar yaitu 4,8%. Total senyawa fenolik perlakuan tersebut merupakan yang tertinggi yaitu 351,3 mg GAE/ml. Total senyawa flavonoid perlakuan tersebut merupakan kedua yang tertinggi yaitu 34,8 mg QE/ml, namun tidak ada perbedaan signifikan dengan perlakuan bir yang memiliki total senyawa flavonoid tertinggi.

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dapat dilakukan penambahan bahan yang memiliki potensi dalam meningkatkan nilai fungsional bir. Penelitian mengenai bir fungsional juga dapat dilakukan seperti contoh pembuatan bir rendah kalori dan bir non-alkohol

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Ketua Program Studi Teknologi Pangan, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas

Pelita harapan yang sudah membiayai penelitian ini dengan No: PM-106-FaST/III/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Adetuyi, F. O., and Ibrahim, T. A. 2014. Effect of fermentation time on the phenolic, flavonoid and vitamin C contents and antioxidant activities of okra (*Abelmoschus esculentus*) seeds. *Nigerian Food Journal* 32 (2) : 128-137.
- American Homebrewers Association. 2019. *Brewing with Extract*. Boulder : American Homebrewers Association.
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical*. Washington : AOAC.
- Bamforth, C. W. 2016. *Brewing Materials and Processes: A Practical Approach to Beer Excellence*. London : Elsevier.
- Barth, R. 2013. *The Chemistry of Beer: The Science in the Suds*. Hoboken : John Wiley & Sons.
- Bayu, M.K., Rizqiati, H., and Nurwantoro. 2017. Analisis total padatan terlarut, keasaman, kadar lemak, dan tingkat viskositas pada kefir optima dengan lama fermentasi yang berbeda. *Jurnal Teknologi Pangan* 1(2) : 33-38.
- Bokulich, N.A., and Bamforth, C.W. 2013. The microbiology of malting and brewing. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 77 (2) : 157-172.
- BSN. 1995. SNI 01-3773-1995 Bir ICS 67.160.10. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Chipurura, B., Muchuweti, M., and Manditseraa, F. 2010. Effects of thermal treatment on the phenolic

- content and antioxidant activity of some vegetables. *Asian Journal of Clinical Nutrition* 2 : 93-100.
- Devolli A., Dara, F., Stafasani, M., Shahinasi, E., and Kodra, M. 2018. The influence of protein content on beer quality and colloidal stability. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research* 2 (4) : 391-407.
- Dordevic, S., Popovic, D., Despotovic, S., Veljovic, M., Atanackovic, M., Cvejic, J., Nedovic, V., and Leskosek-Cukalovic, I. 2016. Extracts of medicinal plants as functional beer additives. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* 22 (3) : 301-308.
- Fadilah, U., Wijaya, I. M. M., and Antara, N. S. 2018. Studi pengaruh pH awal media dan lama fermentasi pada proses produksi etanol dari hidrolisat tepung biji nangka dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri* 6 (2) : 92-102.
- Fidrianny, I., Ira, R., and Komar, R.W. 2013. Antioxidant capacities from various leaves extract of four varieties mangoes using DPPH, ABTS assays and correlation with total phenolics, flavonoid, carotenoid. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 5(4) : 189-194.
- Hill, A. 2015. *Brewing Microbiology: Managing Microbes, Ensuring Quality and Valorising Waste*. Cambridge : Elsevier.
- Jin, B., Li, L., Liu, G. J., Li, B., Zhu, Y. K., and Liao, L. N. 2009. Structural changes of malt proteins during boiling. *Molecules* 14 (3) : 1081-1097.
- Lei, Y., Hidayat, I., Saakes, M., Weijden, R., and Buisman, J. N. 2019. Fate of calcium, magnesium and inorganic carbon in electrochemical phosphorus recovery from domestic wastewater. *Chemical Engineering Journal* 362 : 453-459.
- Martins, G. N., Ureta, M. M., Tymczynszyn, E. E., Castilho, P. C., and Gomez-Zavaglia, A. 2019. Technological aspects of the production of fructo and galacto-oligosaccharides. *Enzymatic Synthesis and Hydrolysis. Frontiers in Nutrition* 6 (78) : 1-24.
- M'hiri, N., Irina, I., Cedric, P., Ghoul, M., and Boudhrioua, N. 2017. Antioxidants of maltease orange peel: comparative investigation of the efficiency of four extraction methods. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 7 (11) : 126-135.
- Nogueira, A., Guyot, S., Marnet, N., Lequere, J. M., Drilleau, J., and Wosiacki, G. 2008. Effect of Alcoholic fermentation in the content of phenolic compounds in cider processing. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51 (5) : 1025-1032.
- Palmer, J.J. 2017. *How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Great Beer Every Time* 4th Ed. Colorado : Brewers Association.
- Smart, C. 2020. *The Craft Brewing Handbook: A Practical Guide to Running a Successful Craft Brewery*. Duxford : Woodhead Publishing.
- Walker, G.M., and Stewart, G.G. 2016. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages* 2 (4) : 30-42.

- Wannenmacher, J., Gasti, M., dan Becker, T. 2018. Phenolic substances in beer: structural diversity, reactive potential and relevance for brewing process and beer quality. *Comprehensice Reviews in Food Science and Food Safety* 17 : 953-988.
- Willaert, R. G., and Baron, G. V. 2001. Wort boiling today – boiling systems with low thermal stress in combination with volatile stripping. *Cerevisia* 26 (4) : 217-230.