

PENGARUH PROSES FERMENTASI TEH TAMBI MERAH (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) TERHADAP PERUBAHAN KOMPOSISI KATEKIN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN ANTIBAKTERI

DPP Ambarsari^{1*)}, TY Budiarmo^{1**)}, C Amarantini¹

¹Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana
Jl. dr. Wahidin Sudirohusodo No. 5-25, Yogyakarta 55224, Indonesia.

Tel./Fax. +62-274-563929

*)Email: dian.ambarsari@students.ukdw.ac.id

***) Korespondensi: yahya@staff.ukdw.ac.id

ABSTRAK

Teh Tambi (TB) Merah (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) merupakan tumbuhan yang kaya akan polifenol, khususnya katekin yang berperan sebagai senyawa penentu cita rasa, aroma, dan fungsi kesehatan, seperti antioksidan dan antibakteri. Melalui penelitian ini, dilakukan fermentasi TB Merah menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk mengetahui pengaruh perubahan komposisi ester catechins (ECG dan EGCG) menjadi non-ester catechins (EC dan EGC) serta gallic acid (GA) terhadap aktivitas antioksidan dan antibakteri tea wine. Perubahan katekin serta aktivitas antioksidan dan antibakteri masing-masing dianalisis menggunakan metode HPLC, DPPH, dan well diffusion agar. Selain itu, dilakukan pengukuran pH, kadar alkohol dan gula, total asam, serta uji organoleptik tea wine untuk menilai karakteristik dan tingkat penerimaan produk tersebut. Hasil analisis HPLC menunjukkan adanya penurunan seluruh komponen katekin dan GA yang diduga disebabkan oleh reaksi oksidasi yang berdampak pada ketiadaan aktivitas antibakteri. Meskipun demikian, tetap diperoleh peningkatan aktivitas antioksidan setelah fermentasi. Aktivitas antioksidan tea wine tertinggi diperoleh pada konsentrasi 100%, yaitu 80.103% dengan 6.427% lebih unggul dibanding tea extract (sebelum fermentasi) pada konsentrasi yang sama. Profil karakteristik tea wine yang diperoleh memiliki pH 3.41, kadar alkohol 5.10%, kadar gula 6.20°Brix, total asam 0.204%, serta tingkat penerimaan keseluruhan berdasarkan hedonic scale sebesar 4.30 yang lebih tinggi dibanding grape wine (3.8).

Kata kunci: Antibakteri, antioksidan, fermentasi, katekin, dan Teh Tambi Merah

PENDAHULUAN

Teh adalah minuman penyegar yang populer di kalangan masyarakat dunia setelah air mineral (Wei *et al.*, 2018). Teh digemari karena memiliki aroma dan cita rasa yang enak, mengandung senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan, serta keterkaitannya dengan budaya mengonsumsi teh yang diwariskan turun-temurun (Jilani dkk., 2015; Unachukwu *et al.*, 2010). Jenis teh digolongkan berdasarkan varietas tanaman yang digunakan, variasi teknik pemanenan, pemrosesan, dan tingkat oksidasi polifenol pucuk juga menentukan jenis teh yang dihasilkan (Unachukwu *et al.*, 2010).

Salah satu jenis teh unggulan PT. Perkebunan Teh Tambi Wonosobo, Jawa Tengah adalah Teh Tambi (TB) Merah yang diproduksi dari pucuk *Camellia sinensis* var. *sinensis* klon 1 dengan melibatkan proses oksidasi enzimatis. Secara fitokimia, TB Merah mengandung senyawa bioaktif berupa alkaloid, saponin, tanin, fenolik, flavonoid, triterpenoid, steroid, dan glikosida, serta katekin dalam jumlah yang lebih tinggi dibanding klon teh lain (Martono dan Rudi, 2014). Senyawa-senyawa tersebut mampu bekerja sebagai antioksidan, antibakteri, anti inflamasi, dan anti alergi serta mencegah

risiko kanker, penyakit kardiovaskular, dan gagal jantung (Jilani *et al.*, 2015; Martono dan Rudi, 2014).

Katekin merupakan senyawa polifenol yang berperan dalam menentukan kualitas aroma, cita rasa, aktivitas antioksidan, serta antibakteri teh (Martono dan Rudi, 2014; Chan *et al.*, 2011). Senyawa tersebut tersusun atas empat komponen utama, yaitu epicatechin (EC), epicatechin gallate (ECG), epigallocatechin (EGC), dan epigallocatechin gallate (EGCG) (Unachukwu *et al.*, 2010; Wei *et al.*, 2018). Kadar katekin dapat ditingkatkan melalui proses fermentasi oleh mikroorganisme. Mekanisme peningkatan tersebut terjadi melalui degradasi kelompok ester catechins (ECG dan EGCG) menjadi non ester catechins (EC dan EGC) serta gallic acid (GA) (Zhang *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2020; Fang *et al.*, 2019).

Katekin mampu menghasilkan aktivitas antioksidan dan antibakteri yang baik. Sen *et al.* (2020) menyebutkan aktivitas antioksidan teh ditentukan oleh keberadaan katekin dalam bentuk monomer, dimer, maupun oligomer yang mampu meningkatkan kapasitas antioksidan total plasma sel. Selain itu, katekin, khususnya ECG dan EGCG mampu berperan sebagai antibakteri yang efektif dalam menangani food-borne illnesses, disentri, dan memperbaiki kesehatan pencernaan secara umum (Keller *et al.*, 2013). Menurut Marchese *et al.* (2014), katekin mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen pada makanan dengan beberapa di antaranya memiliki efektivitas yang lebih baik dibanding antibiotik tetrasiklin atau vankomisin pada konsentrasi yang sebanding.

Dengan demikian, fermentasi teh berpotensi menghasilkan produk pangan fungsional berupa tea wine dengan aktivitas antioksidan dan antibakteri yang baik sebagai hasil dari peningkatan kadar polifenol, khususnya katekin. Meninjau adanya potensi tersebut, serta mengingat teh sebagai bahan pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat dan pangan fermentasi yang tengah memperoleh perhatian masyarakat ditinjau dari manfaat nutrisi dan efek terapeutik yang dihasilkan, maka dilakukan penelitian mengenai fermentasi TB Merah menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan tujuan mengetahui signifikansi proses fermentasi dalam meningkatkan kadar katekin ekstrak teh beserta aktivitas antioksidan dan antibakteri yang dihasilkan.

METODE

Pembuatan Sampel Tea Wine dan Kontrol

TB Merah dengan kadar air 4 – 5% diekstraksi menggunakan akuades pada suhu 85°C selama 10 menit. Rasio the : akuades adalah 1:40 (g/mL) yang ditambahkan dengan 15°Bx sukrosa. Selanjutnya, ekstrak difiltrasi menggunakan kain saring. Kontrol (K) dibuat menggunakan komposisi yang sama tanpa penambahan teh. Masing-masing sampel ditambahkan 2,5% ekstrak tauge, 60 mg/L potasium metabisulfit, dan asam sitrat untuk mengondisikan keasaman sampel pada pH 4,5. Selanjutnya, sampel dityndalisasi dalam water bath pada suhu 65°C selama 45 menit. Sebanyak 10% sampel diinokulasikan dengan *Saccharomyces cerevisiae* dan diinkubasi selama 24 sebelum diinokulasikan ke dalam medium fermentasi. Selanjutnya, dilakukan fermentasi selama tujuh hari dan dilanjutkan dengan maturasi selama tiga puluh hari. Produk yang diunduh disimpan menggunakan wadah kedap udara pada suhu 4°C.

Pengukuran Kualitas Sampel

Kualitas sampel diukur menggunakan parameter kadar alkohol dan gula, pH, serta total asam sampel TW dan K dengan titik sampling H0, H7, H15, dan H30 serta kadar katekin sampel TW pada H0, H15, dan H30. Pengukuran kadar alkohol, gula, pH, dan total asam masing-masing dilakukan menggunakan alkohol meter pada sampel yang telah didistilasi terlebih dahulu, refraktometer Brix, pH meter, dan titrasi asam basa. Perubahan kadar katekin (EC, ECG, EGC, dan EGCG) serta GA pada sampel yang telah disentrifugasi dengan kecepatan 5.000 rpm selama 20 menit dianalisis menggunakan metode High Performance Liquid Chromatography (HPLC).

Uji Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan TW diukur menggunakan metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) dengan pembanding tea extract (TE). Konsentrasi sampel yang diuji adalah 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 (%) yang diperoleh dari pengenceran menggunakan etanol. Konsentrasi DPPH yang digunakan adalah 80 g/mL dari pengenceran 0,004 g serbuk DPPH dengan 50 mL etanol. Sebanyak 0,5 mL dari masing-masing sampel serta etanol sebagai kontrol ditambahkan dengan 3,5 mL larutan DPPH, kemudian divortex dan diinkubasi dalam ruang gelap selama 30 menit. Selanjutnya, kapasitas absorbansi sampel diukur menggunakan UV-VIS Spectrophotometer dengan panjang gelombang Aktivitas antioksidan (AA) dihitung menggunakan rumus:

$$AA (\%) = (\text{Absorbansi Kontrol} - \text{Absorbansi Sampel}) / (\text{Absorbansi Kontrol}) \times 100\% \quad (1)$$

Uji Aktivitas Antibakteri

Metode uji yang digunakan adalah well diffusion menggunakan medium Mueller Hinton Agar (MHA) dengan konsentrasi 38 g/L. Bakteri gram negatif (*Escherichia coli* dan *Salmonella Typhi*) serta positif (*Staphylococcus epidermidis* dan *Streptococcus mutans*) diinokulasikan ke medium menggunakan metode swab. Sampel yang diujikan adalah 50 µL TW, akuades steril (kontrol negatif), dan Ciprofloxacin (kontrol positif). Medium diinkubasi dalam inkubator selama 24 jam pada suhu 37°C. Selanjutnya, diameter zona hambat yang diperoleh diukur menggunakan jangka sorong.

Uji Organoleptik

Tingkat penerimaan TW dievaluasi oleh 20 panelis terlatih dengan pembanding grape wine (GW) dengan cita rasa yang menyerupai. Parameter yang digunakan adalah tampilan (appearance), aroma (aroma), rasa (flavor), dan tingkat penerimaan keseluruhan (overall acceptability) yang diukur menggunakan Hedonic Scale dengan keterangan skor 1 – 5: sangat tidak suka, tidak suka, kurang suka, suka, dan sangat suka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kualitas Sampel

Kadar Alkohol

Pada H0, kadar alkohol sampel kontrol (K) dan perlakuan (SP) adalah 0,00% yang mengindikasikan proses pembentukan alkohol oleh yeast melalui konversi gula belum terjadi. Alkohol baru terdeteksi pada H7, yaitu 0,50% (K) dan 5,00% (SP). Peningkatan alkohol terjadi hingga hari ke-15 pada proses maturasi. Pada titik sampling tersebut, alkohol sampel K meningkat hingga 1,00% menjadi 1,50% dan SP meningkat sebanyak 0,10%, sehingga diperoleh kadar alkohol sebesar 5,10%. Pembentukan alkohol hanya berlangsung hingga H15, sehingga kadar alkohol akhir yang diperoleh (H30) sama dengan H15 (Gambar 1).

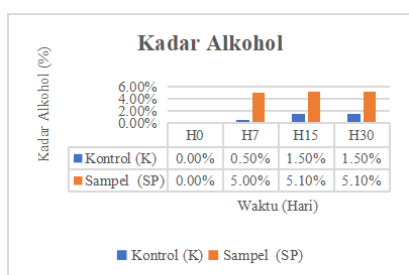
Sampel SP dapat menghasilkan alkohol yang lebih tinggi dibanding K. Hal tersebut berkaitan dengan adanya penambahan ekstrak teh yang mengandung polisakarida berupa glukosa, galaktosa, arabinosa, rhamnosa, xilosa, dan asam galakturonik (Du et al., 2016) yang dapat diubah menjadi alkohol, sehingga ketersediaan substrat SP lebih tinggi dibanding K. Meskipun demikian, kadar alkohol TW yang diperoleh lebih rendah dibanding dengan grape wine (GW) secara umum, yaitu 8 – 15% dikarenakan ketersediaan gula pada anggur jauh lebih tinggi dibanding teh (Pawignya dkk., 2010). Hasil tersebut selaras dengan penelitian Aroyeun dkk. (2005) yang menunjukkan kadar alkohol TW yang dimaturasi selama 52 minggu hanya mencapai 5,0 – 7,2%.

Kadar Gula

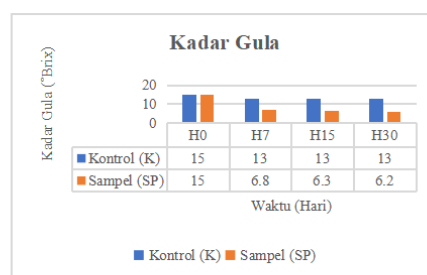
Gula merupakan substrat yang diubah oleh *yeast* menjadi alkohol dan asam organik melalui jalur glikolisis, sehingga gula berperan dalam menentukan kadar alkohol yang diperoleh (Maicas, 2020). Selama tujuh hari fermentasi, gula medium fermentasi SP dan K sebesar 15°Brix direduksi menjadi 13°Brix (13,33%) dan 6,8°Brix (54,66%). Hasil tersebut menunjukkan reduksi gula sampel SP lebih tinggi dibanding K yang berkorelasi dengan kadar alkohol H7 sebagai hasil metabolisme gula sampel K yang juga lebih rendah dibanding SP. Pada Gambar 2 dapat diamati konversi alkohol sampel K telah berhenti pada H7 yang ditandai dengan tidak adanya reduksi gula pada H15 dan H30, sedangkan pada sampel SP masih ditemukan reduksi gula pada H15 (6,3°Brix) dan menjadi 6,2°Brix pada H30. Keberlanjutan reduksi gula sampel SP selama maturasi dimungkinkan karena adanya reaksi glikolisis oleh *yeast* yang masih bertahan hidup setelah tyndalisasi sebelum proses maturasi dilakukan.

pH

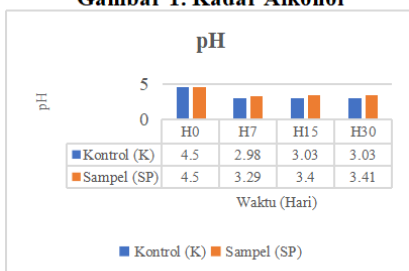
pH merupakan parameter yang penting dalam menentukan kualitas *wine* berkaitan dengan kestabilan fisikokimia dan mikrobiologi produk. Hal tersebut berkorelasi dengan selektivitas mikroorganisme selama proses fermentasi maupun setelah pengunduhan, sehingga risiko terjadinya kontaminasi dapat diminimalisir, menjaga keberlangsungan reaksi kimia penting dalam fermentasi, seperti laju oksidasi, dan penentu sifat sensoris, beserta keseimbangan produk *wine* yang dihasilkan (Forino et al., 2020; Zoecklein et al., 2010). Pada H0, pH sampel K dan SP dikondisikan pada pH 4,5 untuk mengoptimalkan



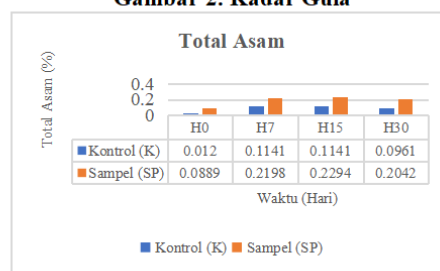
Gambar 1. Kadar Alkohol



Gambar 2. Kadar Gula



Gambar 3. pH



Gambar 4. Total Asam

pertumbuhan *S. cerevisiae* sesuai dengan pH optimum mikroorganismenya tersebut, yaitu 4,0 – 4,5. Setelah tujuh hari, pH sampel K dan SP berubah menjadi 2,98 dan 3,29 yang disebabkan adanya reaksi CO_2 yang dihasilkan melalui konversi substrat menjadi alkohol (fermentasi primer) dengan air (H_2O) membentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang memicu penurunan pH medium (Gunam *et al.*, 2018). Selain itu, fermentasi primer menghasilkan senyawa dengan sifat asam, seperti asam laktat dan asetat (Budiarso dan Charis, 2017). Pada H15, terjadi peningkatan pH, yaitu 3,03 (K) dan 3,40 (SP). Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya fermentasi sekunder atau *Malolactic Fermentation* (MLF) setelah atau bersamaan dengan fermentasi primer. Pada jalur MLF, asam malat yang dihasilkan melalui glikolisis diubah menjadi asam laktat dengan melibatkan *malate synthase* oleh Bakteri Asam Laktat (BAL). Asam laktat memiliki derajat keasaman yang lebih rendah dibanding asam malat, sehingga peningkatan kadar asam laktat linier dengan peningkatan pH medium (Jackson, 2008). Penurunan pH berhenti pada H15 sebagai indikator telah berakhirnya produksi alkohol sesuai dengan hasil pengukuran alkohol yang menunjukkan tidak adanya peningkatan kadar alkohol setelah H15.

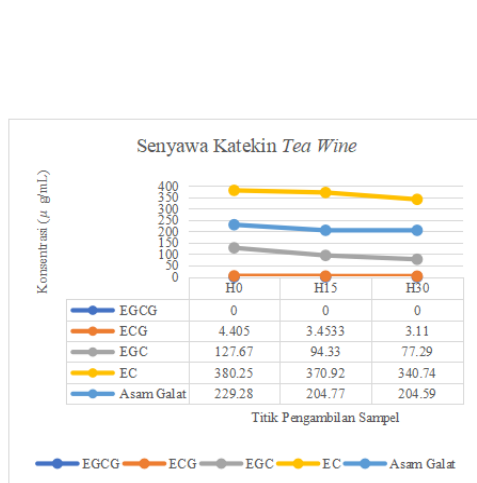
Total Asam

Laju produksi asam berbanding terbalik dengan alkohol. Akumulasi alkohol yang terbentuk menghambat pertumbuhan mikroorganismenya penghasil asam, sehingga total asam yang diperoleh rendah (Gunam *et al.*, 2018; Lohenapessy *et al.*, 2017). Teori tersebut sesuai dengan peningkatan total asam dari H0, yaitu 0,012% (K) dan 0,0889% (SP) menjadi 0,1141% dan 0,2198% pada H7 yang tidak terlalu signifikan. Pada periode tersebut, efisiensi konversi gula menjadi alkohol lebih tinggi, khususnya pada SP, yaitu terjadi peningkatan alkohol sebesar 5,00% dan penurunan gula sebesar 8,2°Brix. Produksi asam juga menyebabkan penurunan pH medium (Gunam *et al.*, 2018). Hal tersebut

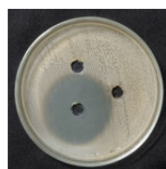
dibuktikan dengan adanya penurunan pH awal kedua sampel (4,5) menjadi 2,98 (K) dan 3,29 (SP) pada H7. Pada H15, total asam K tidak berubah, sedangkan SP mengalami peningkatan dari 0,2198% menjadi 0,2294% setelah proses konversi gula menjadi alkohol melambat ataupun terhenti yang sesuai dengan peningkatan alkohol SP dalam jumlah yang rendah pada H15, yaitu 0,10% dan reduksi gula 0,5°Brix. Pada sampel K, tidak terjadi peningkatan asam dikarenakan masih terjadi produksi alkohol sebesar 1,00%, yaitu dari 0,50% menjadi 1,50%. Penurunan asam K dari 0,1141% menjadi 0,0961% dan SP dari 0,2294% menjadi 0,2042% terjadi pada H30. Perubahan tersebut dapat disebabkan oleh reaksi yang melibatkan alkohol dan asam organik dalam pembentukan senyawa aromatis (ester) selama maturasi (Gunam *et al.*, 2018; Lohenapessy *et al.*, 2017).

Kadar Katekin

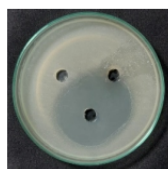
Fermentasi dapat mengubah komposisi katekin teh (Zhang *et al.*, 2019). Mekanisme perubahan tersebut terjadi melalui reaksi oksidasi yang dikatalisis enzim tannase *yeast* yang menghidrolisis ikatan ester galat pada gugus hidroksil cincin karbon *non ester catechins* (EC dan EGC) yang teresterifikasi dengan GA sebagai gugus inti pembentuk *ester catechins* (ECG dan EGCG). Reaksi tersebut diikuti dengan pelepasan GA, sehingga GA meningkat seiring dengan penurunan EGCG dan ECG serta peningkatan EC dan EGC (Zhang *et al.*, 2019; Fang *et al.*, 2019).



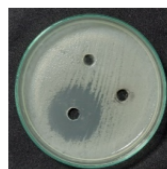
Gambar 5. Senyawa Katekin Tea Wine



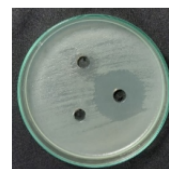
Gambar 8. *S. epidermidis*



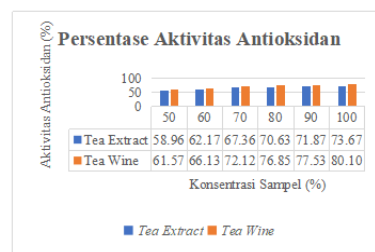
Gambar 9. *S. mutans*



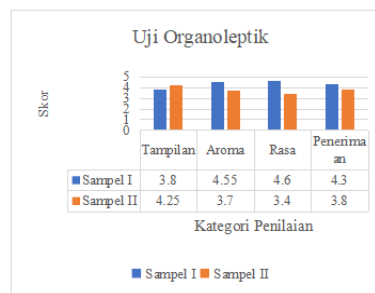
Gambar 10. *E. coli*



Gambar 11. *S. Typhi*



Gambar 6. Aktivitas Antioksidan



Gambar 7. Uji Organoleptik

Hasil analisis HPLC (Gambar 5) justru menunjukkan penurunan kadar katekin dan GA. EGCG ditemukan dalam jumlah 0 µg/mL pada ketiga titik sampling. Pada non ester catechins tidak diperoleh adanya peningkatan, sedangkan pada ester catechins penurunan hanya dapat diamati pada ECG dari H0 sebesar 4,405 µg/mL menjadi 3,4533 pada H15 dan 3,11 µg/mL pada H30. EC dan EGC justru mengalami penurunan dari H0 ke H15 dan H30. Penurunan katekin dan GA juga terjadi pada penelitian Li et al. (2020) yang disebabkan oleh adanya kemungkinan degradasi katekin melalui proses pemanasan pada tahap ekstraksi dan tyndalisasi sebelum fermentasi.

Pengukuran Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan teh dapat ditingkatkan melalui biotransformasi senyawa bioaktif, seperti katekin selama fermentasi. Melalui fermentasi, bioavailabilitas katekin sebagai promotor fungsi kesehatan, khususnya antioksidan dapat ditingkatkan hingga lebih dari 32,1% (Li dkk., 2020; Fang dkk., 2019). Hasil pengukuran menunjukkan peningkatan konsentrasi sampel linier dengan aktivitas antioksidan yang dihasilkan serta adanya peningkatan aktivitas antioksidan TW dibanding dengan TE pada setiap konsentrasi (Gambar 6). Aktivitas antioksidan tertinggi diperoleh pada konsentrasi sampel 100% dengan TW yang lebih unggul 6,4273% dibanding TE. Peningkatan aktivitas antioksidan tersebut berbanding terbalik dengan hasil analisis HPLC katekin dan GA yang diperoleh. Pada kondisi tersebut dimungkinkan adanya biotransformasi senyawa polifenol selain katekin dan GA yang dianalisis selama fermentasi, sehingga peningkatan aktivitas antioksidan tetap terjadi.

Pengukuran Aktivitas Antibakteri

Polifenol teh dapat menghasilkan kemampuan antibakteri, dengan spesifitas bakteri pada sistem pencernaan (Keller et al., 2013). Polifenol dengan efektivitas antibakteri, khususnya pada bakteri gram negatif tertinggi adalah katekin, yaitu ECG dan EGCG (Chan et al., 2011). Hasil pengukuran diameter zona hambat menunjukkan TW dan kontrol negatif memberikan hasil yang sama pada setiap jenis bakteri, yaitu 0,00 cm, sedangkan kontrol positif menghasilkan diameter zona hambat *S. epidermidis*, *S. mutans*, *E. coli*, dan *S. Typhi* masing-masing 6,80; 7,23; 5,00; dan 4,37 cm. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui efektivitas TW dalam memberikan efek antibakteri terhadap keempat bakteri yang digunakan adalah 0%. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh degradasi EGCG sejak awal fermentasi (0,00 µL/mg) dan EGC sebesar 29,3984% dari H0 (4,405 µL/mg) hingga H30 (3,110 µL/mg) yang diduga terjadi akibat oksidasi pada proses ekstraksi dan tyndalisasi. Ketiadaan EGCG dan rendahnya kadar ECG sebagai polifenol utama yang memberikan aktivitas antibakteri berdampak pada diperolehnya hasil negatif dalam uji antibakteri TW untuk bakteri patogen gram positif maupun negatif yang digunakan.

Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan produk secara kuantitatif menggunakan metode skoring berdasarkan poin penilaian *hedonic scale* yang telah ditentukan. Sampel TW dibandingkan dengan GW dengan cita rasa yang serupa, yaitu tidak terlalu manis dengan tingkat *astringency* sedang, serta keasaman rendah.

Secara keseluruhan, TW lebih disukai dibanding GW dengan skor 4,30 untuk TW dan 3,80 untuk GW. TW juga memperoleh skor yang lebih unggul pada parameter aroma dan rasa (4,55 dan 4,60), sedangkan GW sebesar 3,7 dan 3,4. GW memiliki sensasi harsh dan heat mothfeel yang lebih intens dibanding TW. Sensasi tersebut kurang disukai oleh panelis. Pada parameter tampilan, GW dengan warna merah keunguan pekat memperoleh skor yang lebih unggul (4,25) dibanding TW dengan warna merah kecoklatan (3,80).

KESIMPULAN

Fermentasi TB Merah (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) menggunakan *S. cerevisiae* selama tujuh hari dan maturasi selama tiga puluh hari kurang signifikan dalam meningkatkan kadar katekin ditinjau dari adanya penurunan katekin dan GA terkait dengan kemungkinan terjadinya oksidasi katekin selama ekstraksi teh yang melibatkan panas, sehingga kadar katekin, khususnya ECG dan EGCG yang diubah menjadi EC dan EGC serta GA menjadi rendah. Penurunan ECG dan EGCG berdampak pada rendahnya kemampuan antibakteri TW terhadap *E. coli*, *S. Typhi*, *S. epidermidis*, dan *S. mutans*, yaitu 0,000% untuk setiap bakteri. Meskipun terjadi penurunan katekin, fermentasi tetap dapat meningkatkan aktivitas antioksidan TW dibanding TE pada setiap konsentrasi. Efektivitas tertinggi diperoleh pada konsentrasi TW 100% (80,103%), yaitu 6,427% lebih tinggi dibanding TE pada konsentrasi yang sama. Disamping itu, TW memiliki tingkat penerimaan keseluruhan yang lebih tinggi (4,300) dibanding GW (3,80) dengan komponen penilaian aroma dan rasa yang lebih unggul, yaitu 4,55 dan 4,60 dari GW, yaitu 3,7 dan 3,4.

DAFTAR PUSTAKA

- Aroyeun SO., Olubamiwa O, Ogunjobi MAK. (2005). Development of Wine From Infused Tea Leaves (*Camellia sinensis*), *British Food Journal*, 107, 34 – 41.
- Budiarso, T. Y. dan Charis A., (2017), Pelatihan Fermentasi Wine dari Sari Buah Lokal untuk Membantu Pelayanan Perjamuan Kudus di Gereja, *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat 2017*, 2, A41 – A46, ISSN. 2541-3805.
- Du L., Qiu-Yue F., Li-Ping X., Xin-Qiang Z., Jian-Liang L., Jian-Hui Y., Qing-Sheng L., Curt A. P., dan Yue-Rong L., (2016), Tea Polysaccharides and Their Bioactivities, *Molecules*, 1449, 1 – 19
- Fang X., Minru D., Tong L., Qian'an F., Zhenlin L., Qingping Z., Jianwen C., Xiaolin M., Shiyu Z. & Jie W.(2019). Changes in the Biotransformation of Green Tea Catechins Induced by Different Carbon and Nitrogen Sources in *Aspergillus niger* RAF106, *Frontiers in Microbiology*, 2521, 1 – 12.
- Du L., Qiu-Yue F., Li-Ping X., Xin-Qiang Z., Jian-Liang L., Jian-Hui Y., Qing-Sheng L., M., Shiyu Z., dan Jie W., (2019), Changes in the Biotransformation of Green Tea Catechins Induced by Different Carbon and Nitrogen Sources in *Aspergillus niger* RAF106, *Frontiers in Microbiology*, 2521, 1 – 12.
- Curt A. P., dan Yue-Rong L., (2016), Tea Polysaccharides and Their Bioactivities, *Molecules*, 1449, 1 – 19
- Forino, M., Luigi P., Alessandra R., Luigi M., dan Angelita G. (2020), How Must pH Affects The Level of Red Wine Phenols, *LWT-Food Science Technology*, 129, 1 – 7.
- Gunam, I. B. W., Ni N. S. A., dan Nyoman S. A., (2018). Pengaruh Konsentrasi Starter dan Gula terhadap Karakteristik Wine Salak, *Agrotechno*, 3, 289 – 297.
- Jackson, R. S., (2008), *Wine Science Principles and Applications*, Elsevier Inc., California.
- Jilani, H., Antonio C., Reyes B., dan Moktar H., (2015), Biosorption of Green and Black Tea Polyphenols into *Saccharomyces cerevisiae* Improves Their Bioaccessibility, *Functional Foods*, 17, 11 – 21.

- Keller, A. C., Tiffany L. W., Corey D. B., dan Elizabeth P. R., (2013), Antibacterial Activity and Phytochemical Profile of Fermented *Camellia sinensis* (Fuzhuan Tea), *Food Research International*, 53, 945 – 949.
- Li, Y., Shuai Z., dan Yuanming S., (2020), Measurement of Catechin and Gallic Acid in Tea Wine with HPLC, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27, 214 – 221.
- Lohenapessy, S., Ida B. W. G., dan I W. A., (2017), Pengaruh Berbagai Merek *Dried Yeast* (*Saccharomyces* sp.) dan pH Awal Fermentasi Terhadap Karakteristik *Wine* Salak Bali, *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian*, 22, 63 – 72.
- Maicas, S., (2020), The Role of Yeasts in Fermentation Processes, *MDPI: Microorganism*, 1142, 1 – 8.
- Marchese, A., Erika C., Anatoly P. S., Daniela R., Luisa M., dan Maria D., (2014), Influence of In Vitro Simulated Gastrointestinal Digestion on The Antibacterial Activity, Metabolic Profiling and Polyphenols Content of Green Tea (*Camellia sinensis*), *Food Research International*, 1 – 10.
- Martono, B. dan Rudi T. S., (2014), Skrining Fitokimia Enam Genotipe Teh, *TIDP*, 2, 63 – 68.
- Pawignya, H., Tunjung W. W., Datu P., dan Putra A. (2010). Tinjauan Kinetika Pembuatan *Rose Wine*, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” : Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, ISSN 1693 – 4393.
- Sen, G., Nilanjan S., Moutusi N., dan Subhasis M., (2020), Bioactive Components of Tea, *AFNS*, ISSN 2575-0194.
- Unachukwu, U. J., Selena A., Adam K., James T. L., dan Edward J. K., (2010), White and Green Teas (*Camellia sinensis* var. *sinensis*): Variation in Phenolic, Methylxanthine, and Antioxidant Profiles, *Journal of Food Science*, 75, C541 – C548.
- Guangbiao S., Jun S., Haisheng C., Wei T., Qiang G., Yeyun L., Weiwei D., Xiaolan J., Wenzhao W., Qi C., Shihua Z., Haijing L., Junlan W., Ping W., Penghui L., Chengying S., Fengya Z., Jianbo J., Bei H., Dai S., Mingming S., Congbing F., Yi Y., Fangdong L., Daxiang L., Shu W., Bin H., Changjun J., Ye Y., Tao X., Zhengzhu Z., Jeffrey L. B., Shancen Z., dan Xiaochun W., (2018), Draft Genome Sequence of *Camellia sinensis* var. *sinensis* Provides Insights into The Evolution of The Tea Genome and Tea Quality, *PNAS*, 115, E4151 – E4158.
- Yijun W., dan Daniel G., (2019), Multivariate Effects of Chinese Keemun Black Tea Grades (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) on The Phenolic Composition, Antioxidant, Antihemolytic, and Cytotoxic/Cytoprotection Activities, *Food Research International*, 125, 1 – 10.
- Wei, C., Hua Y., Songbo W., Jian Z., Chun L., Liping G., Enhua X., Ying L., Yuling T., Zhang, L., Jânio S. S., Thiago M. C., Mariza B. M., Mariana A. V. do C., Luciana A.,
- Zoecklein, B. W., K. C. Fugelsang, dan B. H. Gump, (2010), *Practical Methods of Measuring Grape Quality*, Woodhead Publishing Limited, USA, 119 – 121.