

**Perbandingan Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dengan
Kandungan Hidrogen Peroksida dalam Substrat Berbasis Gula Serat
Diperkaya Sari Stroberi**

***Comparison of Saccharomyces cerevisiae Growth with Hydrogen Peroxide
Content in Strawberry Juice Enriched Fiber Sugar Based Substrate***

Adira Tatus Tresna^{1 *)}, Ahmad Syauqi^{2 **)}, Majida Ramadhani³

^{1,2,3}Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang, Indonesia

ABSTRAK

Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* melibatkan beberapa faktor yang mempengaruhi kelangsungan hidup dan reproduksi mikroorganisme tersebut, salah satunya yaitu substrat karbon yang menjadi kunci untuk pertumbuhannya. Glukosa dalam substrat merupakan hidrolisat selulosa dengan praperlakuan delignifikasi oleh hydrogen peroksida (H_2O_2) sebagai agen oksidator. Buah Stroberi (*Fragaria sp.*) mempunyai pigmen sebagai antioksidan dan kaya vitamin C; dapat memperlemah daya reaksi yang ditimbulkan oksidator, sehingga variabel konsentrasi stroberi dapat berpengaruh tidak langsung ke pada pertumbuhan sel *S. cerevisiae*. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi sari stroberi terhadap pertumbuhan sel *S. cerevisiae* dengan kandungan peroksida dalam medium. Metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok, dan variabel konsentrasi sari stroberi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, tujuh kali ulangan selama tujuh hari dalam kurun waktu tiap 24 jam. Pengukuran pertumbuhan sel dilakukan dengan metode kekeruhan (turbidimetri). Kandungan sari stroberi memperoleh pertumbuhan, pada konsentrasi 10% terjadi peningkatan pertumbuhan yang sama seperti konsentrasi ekstrak 0% dengan kondisi peroksida 1000 ppm dalam medium. Jumlah sel lebih rendah yaitu $1,07 \times 10^7$ sel per ml dibanding $2,11 \times 10^7$ sel per ml pada konsentrasi ekstrak 0%. Adanya pengaruh zat antioksidan sari stroberi dan kandungan hydrogen peroksida dalam medium terhadap pertumbuhan sel jamur *Saccharomyces cerevisiae*.

Kata kunci: *Saccharomyces cerevisiae*, Hidrogen peroksida, stroberi, turbidimeter

ABSTRACT

The growth of *Saccharomyces cerevisiae* involves several factors that affect the survival and reproduction of the microorganism, one of which is the carbon substrate, which is the key to its growth. Glucose in the substrate is a cellulose hydrolysate with pretreatment of delignification by hydrogen peroxide (H_2O_2) as an oxidizing agent. Strawberries (*Fragaria sp.*) have pigments as antioxidants and are rich in vitamin C; they can weaken the reaction power caused by oxidants, so the strawberry concentration variable can indirectly affect the growth of *S. cerevisiae* cells. This study aims to study the effect of strawberry juice concentration on the growth of *S. cerevisiae* cells with peroxide content in the medium. The experimental method used Randomized Block Design and strawberry juice concentration variables of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%, seven repetitions for seven days within a period of every 24 hours. Cell growth was measured using the turbidity method (turbidimetry). Strawberry juice content obtained growth at a concentration of 10%. There was an increase in growth, the same as the extract concentration of 0%, with peroxide conditions of 1000 ppm in the medium. The number of cells was 1.07×10^7 cells per ml, which is lower than 2.11×10^7 cells per ml at an extract concentration of 0%. The antioxidant substances of strawberry juice with hydrogen peroxide content in the substrate influence the growth of *Saccharomyces cerevisiae* fungal cells.

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, Hydrogen peroxide, strawberry, turbidimeter

^{*)} Adira Tatus Trisna, Program studi Biologi FMIPA Universitas Islam Malang, Jl. MT Hariyono 193, Malang 65144, Hp/WA +6281384181260, Email : 22001061010@unisma.ac.id

^{**)} Ir. Ahmad Syauqi, S.Si, M.Si, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Islam Malang, Jl. MT Hariyono 193, Malang 65144, HP/WA +628986307836, Email : syauqi.fmipa@unisma.ac.id

Pendahuluan

Saccharomyces cerevisiae telah menjadi komponen penting dari peradaban manusia karena penggunaannya yang luas dalam fermentasi makanan dan minuman yang memiliki kepentingan komersial yang tinggi [1]. Di Indonesia organisme *Saccharomyces cerevisiae* telah digunakan masyarakat bagi kebutuhan industri seperti proses biomassa, ekstrak untuk keperluan industri kimia, senyawa beraroma, dan lainnya. Pada bidang peternakan, organisme itu dipakai unsur tambahan pada pakan yaitu fungsi probiotik dan imunostimulan [2]. Sedangkan sifat fisiologisnya adalah metabolisme sel dapat menghasilkan etanol yang saat sekarang dimanfaatkan untuk jenis terbaharukan; bahan bakar bio disebut *bioethanol* dan saat sekarang sangat intensif dipelajari.

Salah satu aspek pertumbuhan sel *Saccharomyces cerevisiae* adalah mempunyai banyak faktor yang mempengaruhinya, termasuk pula adanya reproduksi mikroorganisme. Salah satu yang penting yaitu substrat karbon dan kondisi yang menyertai teknologi penyediaan bahan baku; berupa glukosa digunakan oleh sel selama membutuhkan energi. Substrat dengan dasar gula hasil pemecahan polimer serat adalah suatu hidrolisat dengan tersedianya jenis C6 dan C5. Serat dapat digunakan sebagai sumber nutrisi dengan rekayasa dalam berbagai proses, khususnya untuk bioenergi dan fermentasi [3].

Sumber serat berasal dari bahan-bahan alami berbagai jenis tanaman, seperti limbah pertanian tanaman. *Gracilaria* sp. Mempunyai serat lebih tinggi daripada rumput laut spesies yang lain, memiliki kandungan karbohidrat sebesar 70%. Karbohidrat jenis ini pada rumput laut yaitu agar-agar dan proses ekstraksinya menghasilkan limbah berupa serat. Glukosa dihasilkan melalui proses hidrolisis dengan banyak cara penggunaan agen kimia dan biologis. Glukosa dari hidrolisis serat mengandung residu peroksida dan membutuhkan netralisasi. Salah satu bahan alami adalah buah stroberi [4]. Dalam penelitian ini digunakan substrat berbasis gula serat, fraksi kandungan gula serat limbah makroalga dari *Gracilaria* sp. menggunakan oksidator sodium hipoklorit [5].

Buah stroberi mengandung 8 g karbohidrat per 100 g berat buah [6]. Stroberi berfungsi sebagai antioksidan, kaya akan serat pangan, kalori, mengandung vitamin C, folat, potasium, serta asam ellagic. Stroberi mengandung antosianin 15-35 mg, vitamin C 56-60 mg, flavonoid 48 ± 2 mg, dan fenol 265 ± 8 mg [7]. Selain itu stroberi mengandung asam folat, kalium, mangan, riboflavin, asam lemak omega-3, vitamin K, B5, dan B6 [8]. Antioksidan adalah komponen yang dapat mencegah atau menghambat oksidasi lemak, asam nukleat, atau molekul lainnya dengan mencegah inisiasi atau perkembangan pengoksidasian melalui reaksi berantai. Antioksidan dianggap sangat efektif menurunkan kerja oksidator seperti hidrogen peroksida (H_2O_2) [9].

Hidrogen peroksida (H_2O_2) memiliki efek toksik terhadap mikroorganisme. Efek toksik ini dapat disebabkan oleh aktivitas enzim peroksidase yang mengkatalis hidrogen peroksida menjadi H_2O dan $O^{\cdot}$. Kombinasi hidrogen peroksida dengan peroksidase dapat menghasilkan radikal bebas yang dapat berbahaya bagi microorganism. Enzim peroksidase merupakan enzim yang mereduksi hidrogen peroksida yang merupakan kelompok senyawa peroksida menjadi air (H_2O) yang tidak lagi beracun bagi tanaman [10].

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sel jamur *Saccharomyces cerevisiae*, H_2O_2 3% atau setara dengan 30.000 ppm, fraksi gula 10,4% brix dari serat limbah makroalga *Gracilaria* sp. sebanyak 1,5 L, Stroberi, aquadest, larutan buffer yang terbuat dari Disodium Hidrogen Fosfat (NaH_2PO_4) 0,05 M, Sodium Dihidrogen Fosfat (Na_2HPO_4) 0,05M, NaCl (Natrium Klorida) 1%, HCl (Hidrogen Klorida) 10% hingga pH menjadi 4,9.

Alat digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik Shimadzu ATY 224R, blender, mikropipet 1000 uL, Erlenmeyer Pyrex ukuran 1000 ml, Erlenmeyer Pyrex 100ml, kain saring, saringan, Vakum Rocker 300, kertas saring, aluminium foil, kapas, Autoclave HVE-50 Sterilizer Hirayama, *Laminar Air Flow* (LAF) Type VLMA 120, pipet, gelas ukur, botol sampel, korek api, spirtus, *orbital shaker* DLAB SK-0330 Pro Chemitech IT, tabung sentrifugasi 15 mL Falcon Steril, centrifuge Gemmy PLC-03, Orbeco Hellige Digital Direct-Reading Turbidimeter, Digital Thermometer Humadity HTC-1.

Metode

Jenis penelitian yang dilakukan adalah jenis kuantitatif menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak kelompok (RAK), dengan variasi konsentrasi sari stroberi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, dengan 7x ulangan selama 7 hari dalam kurun waktu tiap 24 jam. Kemudian pertumbuhan sel jamur akan diteliti menggunakan alat turbidimeter dengan metode kekeruhan dan dianalisis menggunakan uji statistic ANOVA (*Analysis of Variances*).

Cara Kerja

Persiapan Substrat Gula: Persiapan gula serat, penyesuaian pH 5,41 dengan konsentrasi 10% brix.

Pembuatan Konsentrasi Sari Stroberi: Buah stroberi dicuci, dipotong-potong dan ditimbang sesuai masing-masing konsentrasi. konsentrasi 5%, stroberi ditimbang sebanyak 15g, konsentrasi 10%, stroberi ditimbang sebanyak 30g, konsentrasi 15%, stroberi ditimbang sebanyak 45g, konsentrasi 20%, stroberi ditimbang sebanyak 60g. Masing-masing dihaluskan menggunakan blender untuk preparasi dalam 300 mL suspensi hidrolisat serat limbah makroalga *Grasilaria* sp.

Pembuatan Media Pertumbuhan: Stroberi dari setiap konsentrasi dimasukkan dalam Erlenmeyer 500 ml. Dilakukan proses penyaringan filtrat dengan kain saring dan alat pompa vakum. Selanjutnya sterilisasi dalam autoclave pada suhu 121°C dengan tekanan 15 lbs selama 15 menit.

Pembuatan Konsentrasi Hidrogen Peroksida (H₂O₂) 1000 ppm: Konsentrasi hidrogen peroksida (H₂O₂) 1000 ppm, diambil H₂O₂ 3% kemudian di ukur sebanyak 1,33 ml dan dilarutkan kedalam 40 ml media, kemudian dihomogenkan. Pembuatan dilakukan di *Laminator Air Flow* (LAF).

Inokulasi Sel *Saccharomyces cerevisiae*: Proses inokulasi sel *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan secara aseptik di *Laminar Air Flow* (LAF). Khamir ditambahkan ke dalam Erlenmeyer sebanyak 0,8 g/40 ml di dalam media, kemudian di goyang-goyang. Setelah itu ditaruh di *orbital shaker* dengan kecepatan 110 rpm dengan 7x ulangan selama 7 hari dalam kurun waktu tiap 24 jam.

Prosedur Penentuan Kekeruhan Sel: 8 mL *Saccharomyces cerevisiae* hasil pertumbuhan dimasukkan ke tabung sentrifugasi ditambah 6 ml buffer, selanjutnya dibiarkan selama 30 menit. Suspensi disentrifugasi pada kecepatan 8000g selama 10 menit hingga sel mengendap, lalu supernatan dibuang. Endapan sel disuspensikan dengan aquadest murni 6 mL dan dikocok hingga disperse sel merata. Suspensi disentrifugasi kembali pada kecepatan dan lama waktu yang sama hingga sel mengendap lalu supernatant dibuang. Endapan sel disuspensikan dengan aquadest murni 6 mL dan dikocok hingga disperse sel merata. Dipindahkan ke dalam botol sampel turbidimeter dan diukur kekeruhannya. Kemudian jumlah sel dihitung dengan persamaan $NTU = (1,470 \times (\sum \text{sel jamur} \times 10^{-5}) + 2,995$ dan mengandung kesalahan relatif 6,75% [11].

Analisis ANOVA Data Sel Jamur *Saccharomyces cerevisiae*: ANOVA dua jalur adalah pengujian ANOVA yang didasarkan pada pengamatan dua kriteria, dimana setiap kriteria dalam pengujian ANOVA mempunyai level. Untuk menggunakan ANOVA dua jalur, beberapa asumsi prasyarat harus diuji terlebih dahulu, yaitu populasi penelitian ini harus berdistribusi secara normal dan memiliki varian yang homogen. Dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$.

Penelitian ini menggunakan software SPSS untuk memberikan hasil ANOVA dua jalur. Beberapa uji statistika perlu dilakukan untuk menggunakan sebuah metode statistika inferensial sehingga mendapatkan hasil yang signifikan dan bisa diakui kebenarannya secara statistik [12]. Uji asumsi yang diperlukan dalam two-way ANOVA adalah uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software SPSS. Pada penelitian ini digunakan uji One Sample Kolmogorov-Smirnov dengan taraf signifikansi 5% atau 0,05.

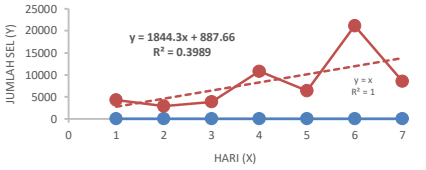
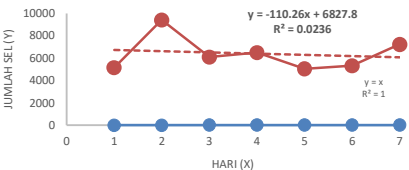
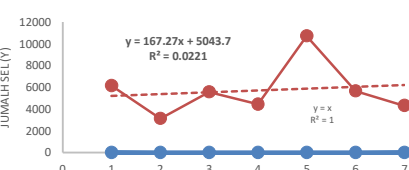
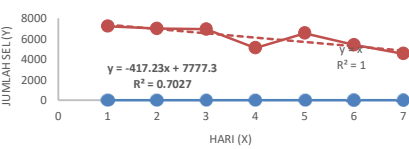
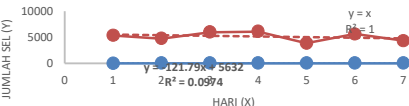
Hasil dan Diskusi

Hasil Penelitian

Tabel 1. Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
			akar-sel
N			35
Normal	Parameters	a	1.9996E3
Mean			9.9844E2
	Std. Deviation		.245
Most Extreme Differences	Absolute		.245
	Positive		-.160
	Negative		1.449
Kolmogorov-Smirnov Z			.030
Asymp. Sig. (2-tailed)			

Tabel 2. Hasil Koefisien Regresi Linier

Konsentrasi Sari Stroberi	Jumlah Sel	Persamaan Garis Regresi	(R ²)
Konsentrasi Sari Stroberi 0%		$y = 1844,3x + 887,66$	0,3989
Konsentrasi Sari Stroberi 5%		$y = -110,26x + 6827,8$	0,0236
Konsentrasi Sari Stroberi 10%		$y = 167,27x + 5043,7$	0,0221
Konsentrasi Sari Stroberi 15%		$y = -417,23 + 7777,3$	0,7027
Konsentrasi Sari Stroberi 20%		$y = -121,79x + 5632$	0,0974

Berdasarkan uji normalitas pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa data yang diperoleh berdistribusi tidak normal. Hal ini ditunjukkan oleh besarnya probabilitas signifikansi yaitu sebesar 0,030. Nilai ini lebih kecil dari $\alpha = 0,05$. Nilai signifikansi di bawah $\alpha = 0,05$ menunjukkan bahwa distribusi data tidak normal sehingga analisis dilanjutkan dengan uji deskriptif statistik dan analisis regresi. Oleh karena itu perbandingan konsentrasi sari stroberi dalam substrat berbasis gula serat yang mengandung hidrogen peroksida terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*, seperti Tabel 2.

Pembahasan

Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dengan konsentrasi sari stroberi 0%, yang berarti tidak terdapat campuran sari stroberi pada substrat berbasis gula serat, terlihat pada Tabel 2 bahwa kenaikan jumlah sel tertinggi terjadi pada hari ke-6 adalah 21,108,805, atau $2,64 \times 10^6$ sel per ml. Masa tersebut merupakan puncak dari perkembangbiakan khamir atau dikenal dengan fase eksponensial/pertumbuhan dan jumlah sel terendah adalah 2,916,642, atau $3,64 \times 10^5$ sel per ml. Ketersediaan gula reduksi dalam medium pertumbuhan merupakan salah satu unsur terpenting penunjang keberlangsungan kehidupan khamir, gula tersebut dapat dijadikan sebagai sumber karbon untuk membentuk energi bagi khamir *Saccharomyces cerevisiae* selama fermentasi. Seperti pada penelitian yang menggunakan limbah rumput *Gracilaria* sp. karena kandungan serat kasar pada *Gracilaria* sp. lebih tinggi daripada rumput laut spesies yang lain, untuk fermentasi cuka [4]. Selain itu, protein hidrolisat telah menunjukkan sifat antioksidan, melindungi terhadap kerusakan sel yang diinduksi stres oksidatif dengan mengurangi oksidasi lipid dan protein dan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan [13]. Substrat berbasis gula serat limbah makroalga *Gracilaria* sp. dapat menurunkan jumlah hidrogen peroksida namun aktivitas antioksidan yang terkandung di dalamnya ini masih sangat kecil.

Pada konsentrasi sari stroberi 5% mengalami penurunan jumlah sel jamur *Saccharomyces cerevisiae*. Dengan jumlah sel tertinggi adalah 9,404,189 atau $1,18 \times 10^6$ sel per ml dan jumlah sel terendah adalah 5,030,857 atau $6,29 \times 10^5$ sel per ml. Antioksidan pada substrat diperkaya sari stroberi dapat mencegah reaksi reduksi hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan cara mendonasikan elektron ke H_2O_2 tetapi nilai antioksidan pada konsentrasi ini sangat lemah hal ini dikarenakan beberapa faktor seperti potensial reduksi yang lemah, keterbatasan dalam menghambat reaksi reduksi, keterbatasan dalam menghambat pembentukan radikal bebas, keterbatasan dalam menghambat stres oksidatif, dan keterbatasan dalam menghambat pembentukan H_2O_2 [14]. Semakin tinggi konsentrasi hidrogen peroksida semakin banyak antioksidan yang dibutuhkan. Penelitian juga menunjukkan bahwa paparan hidrogen peroksida dapat menyebabkan peningkatan atau penurunan aktivitas enzim antioksidan, tergantung pada konsentrasi yang digunakan dan strain ragi spesifik, menekankan kompleksitas respons terhadap stres oksidatif.

Pada konsentrasi sari stroberi 10% mengalami kenaikan jumlah sel jamur *Saccharomyces cerevisiae* dengan jumlah sel maksimal adalah 10,719,205 atau $1,34 \times 10^6$ sel per ml pada hari ke-5 dan jumlah sel terendah adalah 3,130,387 atau $3,91 \times 10^5$ sel per ml pada hari ke-2. Hasil penelitian pada konsentrasi sari stroberi 10%, menunjukkan memiliki efek perlindungan terhadap sel ragi. Namun, konsentrasi 10% hanya menghasilkan setengah dari jumlah sel jamur yang dihasilkan oleh konsentrasi 0%, hal ini terjadi karena perubahan ekspresi gen atau karena perubahan aktivitas kumpulan enzim yang ada. Tetapi, kita tidak mengetahui perubahan ekspresi gen atau aktivitas enzim apa yang terjadi akibat paparan sel ragi terhadap turunan antosianin buah stroberi. Selain itu, antosianin termasuk polifenol yang paling tidak stabil, dosis sari stroberi/antosianin yang lebih tinggi mungkin bersifat racun bagi sel-sel ragi sedangkan dosis yang lebih rendah akan melindungi terhadap stres (*hormesis*).

Pada konsentrasi sari stroberi 15% menyajikan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yang mengalami penurunan dengan jumlah sel maksimal adalah 7,223,591 atau $9,03 \times 10^5$ sel per ml pada hari ke-1 dan jumlah sel terendah adalah 4,540,446 atau $5,68 \times 10^5$ sel per ml pada hari ke-7. Sel yang mengalami penurunan ini dapat terjadi karena antioksidan dapat bekerja dalam beberapa cara untuk menghambat pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* salah satunya menetralkan radikal bebas yang dihasilkan *Saccharomyces cerevisiae* selama metabolisme seperti hidrogen peroksida. Dalam beberapa kasus, antioksidan mungkin memiliki efek permanen dan mencegah *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh sama sekali. Antioksidan yang umum digunakan untuk menghambat pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* salah satunya yaitu asam askorbat (vitamin C). Konsentrasi glukosa yang terlalu tinggi akan menghambat aktivitas *Saccharomyces cerevisiae*, sebaliknya jika konsentrasinya rendah akan

menyebabkan fermentasi tidak optimal sehingga menyebabkan kandungan vitamin C tidak meningkat atau tidak optimal [15].

Diperoleh jumlah sel maksimal $7,60 \times 10^5$ sel per ml pada hari ke 4 dan jumlah sel terendah adalah $4,86 \times 10^5$ sel per ml pada hari ke 5. Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan penurunan, bahwa pada konsentrasi sari stroberi 20% sel mengalami tingkat pertumbuhan sel yang rendah, karena tingginya kandungan sari mengakibatkan tekanan osmotik dalam medium meningkat sehingga sel mengalami stress dan metabolisme sel menurun kadar gula reduksi yang berada di luar kisaran normal dapat mempengaruhi tekanan osmotik sel khamir dan dapat mengganggu aktivitas metabolismenya sehingga produk yang dihasilkan tidak dapat maksimal. Larutan sari stroberi yang pekat dapat menyebabkan stres osmotik pada sel jamur, sehingga menghambat kemampuan mereka untuk menyerap nutrisi dan bereproduksi. Selain itu, kadar (poli)fenol yang tinggi dapat menghambat enzim seperti peroksidase dan katalase. Diketahui juga bahwa (poli)fenol dari buah beri dapat menunjukkan aktivitas antimikroba [16].

Kesimpulan

Hasil penelitian didapatkan kandungan sari stroberi dibutuhkan untuk memperoleh peningkatan pertumbuhan. Konsentrasi 10% terjadi peningkatan pertumbuhan yang sama seperti konsentrasi ekstrak 0%, tetapi jumlah sel lebih rendah yaitu $1,07 \times 10^7$ sel per ml dibanding $2,11 \times 10^7$ sel per ml. Adanya pengaruh zat antioksidan sari stroberi terhadap pertumbuhan sel jamur *Saccharomyces cerevisiae* pada konsentrasi peroksida 1000 ppm dalam medium.

Daftar Pustaka

- [1] Parapouli, M., A. Vasileiadis., A.S. Afendra., E. Hatziloukas. 2020. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiology*. 6(1), hal 1-31.
- [2] Putri, P.P. 2019. Studi Tempe Termodifikasi Sebagai Makanan Probiotik Secara In Vivo. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung. Hal. 13-14.
- [3] Ridhani, M.A., N. Aini. 2021. Potensi Penambahan Berbagai Jenis Gula Terhadap Sifat Sensori Dan Fisikokimia Roti Manis. *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)*. 8(3), hal 61-68.
- [4] Ilfathoniyah, A., 2023. Waktu Fermentasi Asam Asetat Oleh Isolat *Acetobacter Aceti* Pada Substrat Produk Residu Tumbuhan *Gracilaria* sp. Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang.
- [5] Syauqi, A., Ilfathoniyah, A. 2023. Ethanol Fermentation in *Gracilaria* sp. seaweed substrate prepared by opening-lignin with NaOH-ion facility. Materialstoday Conference 2023, 2-5 august, Elsevier. Singapore.
- [6] Megasari, R. 2019. Pengaruh varietas pada berbagai konsentrasi pupuk daun terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman stroberi (*Fragaria* sp.). *Jurnal Agercolere*. 1(2), hal 44-50.
- [7] Marcia da Silva Pinto, Franco Maria Lajolo, Maria Inés Genovese. 2007. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberry.
- [8] Jualastuti, H., E.R. Yuslianti., I.I. Rakhmat., D.R. Handayani., A.M. Prayoga., F.N. Ferdianti., H.S. Prastia., R.J. Dara., S. Syarifah., E.N. Rizkani. 2021. Sayuran dan Buah Berwarna Merah, Antioksidan Penangkal Radikal Bebas. DEEPUBLISH. Sleman.
- [9] Hartini, S. 2022. Pengaruh Fermentasi *Lactobacillus casei* Fincc0090 Dan *Saccharomyces cerevisiae* Pada Kulit Nanas Lokal (*Ananas comosus* (L.) Merr) Terhadap Aktivitas Antioksidan (Komparasi Ekstrak Metanol Dan Etanol). *Prosiding Seminar Nasional Biologi X FMIPA Universitas Negeri Semarang*. Hal. 220-229.
- [10] Komari, N., T.B. Susilo. 2021. Enzimologi: Macam, Fungsi, dan Aplikasi Enzim. CV Banyubening Cipta Sejahtera. Banjarbaru.

- [11] Syauqi, A., Santoso, & N. Hasana. 2018. Dispersi Agregat Sel *Saccharomyces cerevisiae* tersuspensi dalam Air dengan Pengaruh Kimia-Fisik. *Seminar Nasional Biologi 3, August, 1-11*.
- [12] Mahmudah, U. 2020. Metode Statistika: Step by Step. Penerbit NEM. Pekalongan.
- [13] Mirzaei, M., S. Mirdamadi., M. Safavi. 2019. Antioxidant activity and protective effects of *Saccharomyces cerevisiae* peptide fractions against H₂O₂-induced oxidative stress in Caco-2 cells. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 13(4), hal 2654-2662.
- [14] Mu'nisa, A. 2023. Antioksidan pada Tanaman dan Peranannya terhadap Penyakit Degeneratif. Brilian Internasional Surabaya. Surabaya.
- [15] Ruayati, W.S., E, Rita., D.A. Widyastuti. 2019. Kandungan Vitamin C Pada Fermentasi Kombucha Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Seminar Nasional Edusainstek*, 3 hal 349-353.
- [16] Oliveira, G., N. Radovanovic., M.C.N. Nunes., R. Fristedt., M. Alminger., T. Andlid. 2021. Extracts of Digested Berries Increase the Survival of *Saccharomyces cerevisiae* during H₂O₂ Induced Oxidative Stress. *Molecules*. 26(4), hal 1-14.