

Artikel Penelitian

Efek Aerasi terhadap Perubahan Residu H₂O₂ Air Fermentasi Mocaf (*Modified Cassava Flour*)

Effect of Aeration on H₂O₂ Residues in Mocaf (Modified Cassava Flour) Fermented Water

Nurul Yaqin¹, Ahmad Ni'matullah Al-Baarri^{2*}, Mochamad Arief Budihardjo³, Widayat⁴

¹Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang

²Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang

³Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

⁴Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

*Korespondensi dengan penulis (albari@live.undip.ac.id)

Artikel ini dikirim pada tanggal 28 Oktober 2019 dan dinyatakan diterima tanggal 19 Februari 2020. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp>. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists® ©2020

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar H₂O₂ yang berpotensi menjadi pencemar lingkungan beserta parameter kualitas air fermentasi mocaf (AFM) lainnya setelah diberikan perlakuan aerasi. Limbah mocaf didapat dari air sisa rendaman mocaf yang dibuat dengan bahan umbi singkong yang kemudian diberikan perlakuan aerasi. Berdasarkan uji beda T-test, perlakuan aerasi dapat menurunkan kadar H₂O₂ secara signifikan ($p < 0,05$). Air fermentasi mocaf non aerasi mengalami penurunan tingkat kecerahan (L*) sebesar 5,9%, sedangkan perlakuan aerasi menurun lebih besar dengan persentase penurunan sebesar 15,8%. Total padatan terlarut (TDS) AFM tidak mengalami perbedaan yang signifikan antara perlakuan aerasi dengan non aerasi ($p > 0,05$), demikian juga dengan parameter turbiditas ($p > 0,05$) dan OD 610 nm ($p > 0,05$). Kesimpulannya, perlakuan aerasi pada air limbah mocaf dinilai tepat sebagai upaya untuk menurunkan kadar H₂O₂ yang terkandung didalamnya.

Kata kunci: mocaf, H₂O₂, TDS, kecerahan, turbiditas, OD₆₁₀

Abstract

This study aims to determine the changes of H₂O₂, total dissolve solid (TDS), lightness, turbidity, and optical density (OD) that play important key as environmental pollutants parameter in mocaf (modified cassava flour) water fermented (AFM) after aeration treatment. This research used liquid waste product that was obtained from mocaf production. Aeration and non-aeration was applied in AFM. As results, H₂O₂ concentration in aeration treatment was decrease greater than that of the non-aeration. Based on the T-test analysis, aeration reduced H₂O₂ significantly ($p < 0.05$). The lightness of non-aeration had a decrease of 5.9%, lower than that of aeration treatment that was decrease up to 15.8%. TDS of AFM did not show a significant difference between the aeration and non-aeration treatments ($p > 0.05$) as well as the turbidity ($p > 0.05$) and OD₆₁₀ nm ($p > 0.05$). As conclusion, to reduce H₂O₂ levels in AFM, the aeration treatment might provide better treatment than the non-aeration.

Keywords: mocaf, H₂O₂, TDS, lightness, turbidity, OD₆₁₀

Pendahuluan

Modified cassava flour (mocaf) adalah tepung singkong yang dimodifikasi dengan bantuan bakteri asam laktat yang menghasilkan tekstur lembut, warna putih, tidak beraroma singkong, serta mengandung banyak zat pati, sehingga dapat digunakan sebagai substitusi tepung terigu sebesar 30-100% (Rosales-Soto *et al.*, 2016). Permasalahan yang muncul dari produksi mocaf adalah air fermentasi mocaf (AFM) dengan kandungan nutrient yang sangat kaya yang disebabkan oleh efek *bleaching* yang ditimbulkan oleh senyawa hidrogen peroksida (H₂O₂) selama proses fermentasi (Whittenbury, 2009). Hidrogen peroksida (H₂O₂) yang berpotensi sebagai toksik di lingkungan perairan merupakan senyawa yang banyak dimanfaatkan untuk memutihkan bahan organik (Arndt and Wagner, 1997; Loque *et al.*, 2008; Mishra and Imlay, 2012). Diantara dampak negatif H₂O₂, dalam konsentrasi 0,1–1,0 mM memiliki efek sitotoksik pada sel epitel manusia (Pericone *et al.*, 2003).

Hidrogen peroksida dalam jumlah yang berlebihan juga memiliki dampak dapat merusak sistem saraf pusat manusia, menyebabkan penyakit Parkinson, penyakit Alzheimer dan *amyotrophic lateral sclerosis*, serta kanker mulut (Consolaro, 2014; Zotta *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2018). Dalam konsentrasi 100 ppb berpotensi menjadi korosi bagi *stainless steel* (Sugama *et al.*, 2004), sedangkan konsentrasi 1.500–3.000 ppm berpotensi menyebabkan kematian ikan hingga 5–25% (Arndt and Wagner, 1997).

Tindakan preventif terhadap efek negatif H₂O₂ perlu dilakukan agar tidak menimbulkan permasalahan di lingkungan masyarakat dengan deteksi dini menggunakan indikator serta perlakuan degradasi dengan cara aerasi. H₂O₂ di dalam air rendaman mocaf diduga muncul pada saat proses fermentasi chip singkong selama 3 hari yang disebabkan oleh aktivitas BAL dalam merombak glukosa (Zotta *et al.*, 2017). Hingga saat ini belum ada hasil penelitian yang menjelaskan efek aerasi terhadap perubahan H₂O₂ serta

indikator lain dalam limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar H_2O_2 beserta parameter kualitas AFM lainnya, yaitu perubahan kecerahan, jumlah padatan yang terlarut, turbiditas, dan *optical density* dengan adanya perlakuan aerasi.

Materi dan Metode

Materi

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sisa rendaman mocaf yang dibuat dengan bahan umbi singkong yang dibeli dari pasar tradisional. H_2O_2 (Merck, US, Lot K47560209 606), ABTS (Tokyo Chemical Industry, Japan, Lot 7R0ZC-EC). Ekstrak kasar enzim peroksidase yang diperoleh dari umbi lobak lokal. Peralatan yang digunakan meliputi aquarium air pump (Luckiness L 88 220-240 V50/60 Hz), spektrofotometer UV/Vis Type 1280 (Shimadzu, Japan).

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama lima bulan yaitu pada bulan September 2018–Januari 2019, bertempat di Food Technology Laboratory, UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. Penelitian ini menggunakan 2 perlakuan yaitu air rendaman mocaf tanpa aerasi dan yang diberikan aerasi (flow 1 l/menit) dalam kondisi tertutup selama 4 hari. Analisis yang dilakukan yaitu analisis kadar residu H_2O_2 , tingkat kecerahan (L^*), total zat padat terlarut (TDS), kekeruhan (*turbidity*), dan *optical density* (OD). Masing-masing analisis diulang sebanyak 3 kali.

Pembuatan Air Fermentasi Mocaf

Bahan baku yang diperlukan dalam penelitian ini adalah AFM sintesis dengan pertimbangan untuk mengontrol perubahan kualitas dengan baik. Ubi kayu bahan baku limbah sintesis yang digunakan dalam penelitian adalah dari jenis *Manihot utilissima* yang mudah dijumpai di pasar tradisional dan dipilih dengan baik agar tidak memiliki cacat dan dengan masa simpan tidak lebih dari 2 hari semenjak dipanen.

Analisis H_2O_2 pada AFM

Analisis H_2O_2 dilakukan berdasarkan metode Chamaraja *et al.* (2017) yang telah dimodifikasi. Pembacaan dengan spektrofotometer UV-VIS panjang gelombang 412 nm dan menggunakan *2,2'-azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid* (ABTS) sebagai substrat dan enzim peroksidase dari ekstrak kasar lobak (yang sudah dihitung mempunyai aktivitas enzim peroksidase sebesar 4 U/ml) yang diperoleh dari Laboratorium Food Technology, UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. Larutan standar H_2O_2 dibuat dengan konsentrasi bertingkat yaitu: 10, 5, 2,5, 1,25, 0,625, 0,3125 mM. Sensitifitas ABTS terhadap H_2O_2 terlihat dari perubahan warna menjadi hijau (Al-Baarri *et al.*, 2016). Pembuatan standar konsentrasi H_2O_2 , dilakukan dengan mencampurkan 450 μ l H_2O_2 yang sudah diketahui konsentrasinya, dengan 450 μ l ABTS (0,01 mM) dan 100 μ l enzim peroksidase dari ekstrak kasar lobak sebagai bahan dasar enzim

peroksidase. Untuk menghitung kandungan H_2O_2 dalam AFM, dilakukan dengan metode yang sama seperti perhitungan konsentrasi standar H_2O_2 , namun sampel AFM digunakan untuk menggantikan H_2O_2 . Perubahan absorbansi dicatat secara kontinyu selama 1 menit yang kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan konsentrasi H_2O_2 dalam AFM.

Analisis Kecerahan (L^*)

Analisis warna dilakukan dengan menggunakan aplikasi *digital colorimeter* (versi iOS) yang ditempatkan pada mini studio (20x35x40 cm) yang memiliki pencahayaan terkontrol sebesar 50 lumen. Instrumen dikalibrasi pada sistem ruang warna putih ($L^* = 97,79$, $a^* = -0,11$, $b^* = 2,69$). Nilai L^* mewakili kecerahan dan nilai a^* serta b^* masing-masing mewakili tingkat kemerahan dan kekuningan. Pengukuran warna air limbah dicatat berdasarkan perlakuan waktu penyimpanan pada suhu kamar (Al-Baarri *et al.*, 2018).

Analisis Total Zat Padat Terlarut

Analisis total zat padat terlarut dilakukan menggunakan metode yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Nazari, *et al.*, 2019) dengan alat pengukur Total Dissolved Solid atau TDS meter merek EZDO. Sebelum memulai setiap uji, dilakukan kalibrasi pada alat dengan menggunakan cairan yang disediakan dari pabrik pembuatnya. Ujung *probe* dimasukkan ke dalam larutan AFM dan ditunggu sampai angka yang muncul dilayar dinilai stabil. Pembilasan *probe* dilakukan dengan aquades sebanyak 30 ml yang diulang sebanyak 3 kali untuk memastikan tidak ada sisa AFM yang menempel pada *probe*.

Analisis Turbiditas

Sebanyak 20 ml AFM dari masing-masing sampel dimasukkan ke dalam gelas beaker dan dibantu stirrer dengan putaran rendah untuk proses pengadukan. Aquades dijadikan sebagai blanko. Suspensi AFM kemudian diukur nilai turbiditasnya dengan menggunakan turbiditas meter (Ren *et al.*, 2020).

Analisis *Optical Density*

Analisis *optical density* (OD) menggunakan metode yang dilakukan oleh Smetanková *et al.* (2018). Sebanyak 1 ml AFM dari masing-masing perlakuan dimasukkan ke dalam kuvet. Aquades dijadikan sebagai blanko. Sampel tersebut kemudian diukur nilai absorbansi menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 610 nm. Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali untuk masing-masing sampel.

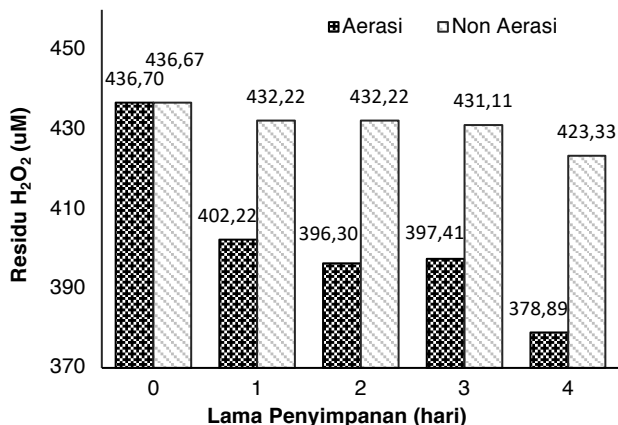
Analisis Statistik

Data ditabulasi dengan menggunakan MS Excel untuk dilanjutkan dengan uji beda *T-test* untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan aerasi dan non aerasi pada parameter H_2O_2 , kecerahan, TDS, turbiditas, dan OD (De Menezes *et al.*, 2018). Hasil uji beda *T-test* dikatakan signifikan jika nilai $p < 0,05$.

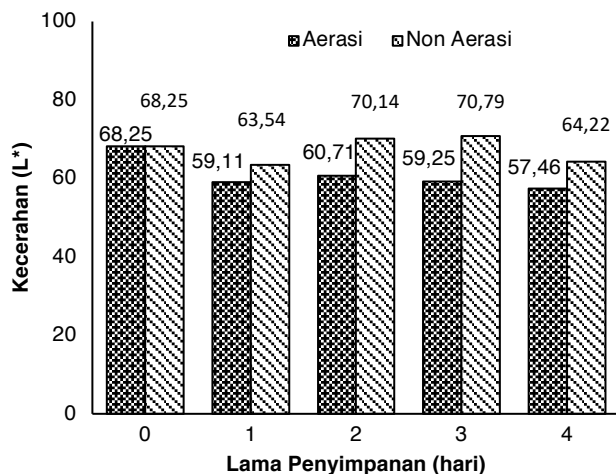
Hasil dan Pembahasan

Kadar Hidrogen Peroksida AFM

Kadar H₂O₂ AFM di hari ke-0 yang diukur sesaat setelah proses fermentasi chip singkong adalah sebesar 436,70 μM (Figur 1). Pada sampel perlakuan non aerasi memiliki kadar residu H₂O₂ yang relatif lebih stabil dari hari ke-0 sampai hari ke-3 kemudian mengalami penurunan dihari ke-4 dengan selisih hari ke-0 dan ke-4 sebesar 13,34 μM atau persentase penurunannya sebesar 3,05%. Berdasarkan uji beda *T-test*, perlakuan aerasi dengan non aerasi AFM memiliki perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).



Figur 1. Pengaruh perlakuan aerasi terhadap H₂O₂ AFM. Analisa H₂O₂ dilakukan selama 4 hari diukur dengan panjang gelombang (λ 412 nm) (n=3).



Figur 2. Pengaruh perlakuan aerasi terhadap kecerahan AFM. Analisa kecerahan dilakukan selama 4 hari diukur dalam suhu ruang (n=3).

Kadar H₂O₂ AFM yang diberikan perlakuan aerasi cenderung mengalami penurunan lebih besar dari non aerasi dengan selisih dari hari ke-0 sampai ke-4 sebesar 57,81 μM atau 13,24%. Hari ke-1 mencapai 402,22 μM, hari ke-2 dan ketiga relative stabil yang masing-masing mencapai 396,30 μM dan 397,41 μM lalu menurun kembali di hari ke-4 dengan nilai 378,89 μM. Riebe *et al.* (2008) menyatakan bahwa pembentukan H₂O₂ oleh spesies oksigen reaktif (ROS) terjadi ketika oksigen molekuler berdifusi ke dalam sel dan pengurangannya

terjadi secara adventif oleh enzim peroksidase atau POD yang mengandung flavin atau kuinon.

Sakamoto *et al.* (1998) menyatakan bahwa pengkondisian lingkungan tumbuhnya bakteri asam laktat atau BAL yang secara aerobik dapat mempercepat penurunan H₂O₂. Penurunan H₂O₂ dikarenakan aerasi telah memicu stress oksidatif karena reaksi antara O₂ dengan mineral yang ada di dalam AFM seperti Cu, Pb, dan Zn sehingga menimbulkan senyawa radikal oksidatif seperti radikal anion superoksida (O₂⁻), radikal hidroksil (HO•), dan H₂O₂. Menurut Al-Baarri *et al.* (2016) stress oksidatif dapat memicu peningkatan enzim POD, sehingga H₂O₂ oleh enzim POD dikatalisis menjadi bentuk yang lebih sederhana yaitu oksigen radikal (O⁻) dan air (H₂O).

Analisis Kecerahan AFM

Air fermentasi mocaf non aerasi mengalami penurunan kecerahan sebesar 5,9% setelah dilakukan inkubasi selama 4 hari, sedangkan perlakuan aerasi menurun lebih besar dengan persentase penurunan sebesar 15,8%. Berdasarkan Figur 2 dapat diduga bahwa AFM non aerasi hampir tidak mengalami perubahan tingkat kecerahan, sedangkan pada perlakuan aerasi cukup terlihat adanya penurunan tingkat kecerahan. Nilai L* hari ke-0 44,5% lebih cerah dari minyak nilam hasil penelitian dari Slamet *et al.* (2019).

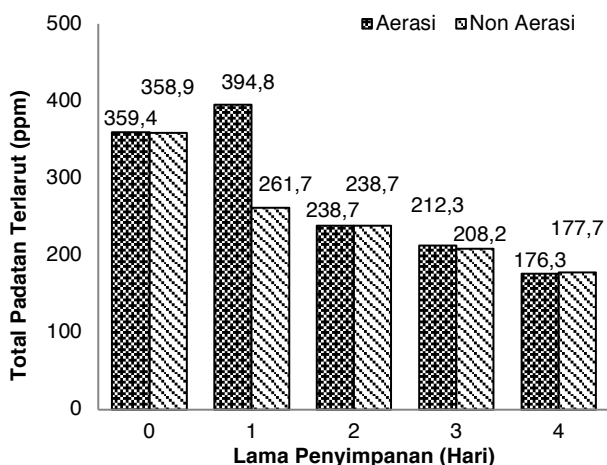
Kecerahan AFM di hari ke-0 diduga dikarenakan efek *bleaching* yang disebabkan oleh H₂O₂ yang muncul secara alamiah oleh aktivitas BAL dalam merombak glukosa pada saat proses fermentasi chip singkong (Zotta *et al.*, 2017). Pada perlakuan aerasi, penurunan nilai L* diduga karena kadar H₂O₂ dikatalisis oleh POD sehingga bereaksi menjadi H₂O dan O⁻ (Al-Baarri *et al.*, 2016) sehingga menyebabkan berkurangnya efek *bleaching*.

Daya penurunan kecerahan perlakuan aerasi lebih besar dari non aerasi diduga karena perlakuan aerasi mampu meningkatkan percepatan degradasi H₂O₂ (Sakamoto *et al.*, 1998). Setelah dilakukan perbandingan hasil analisis kecerahan antara perlakuan aerasi dan non aerasi dapat disimpulkan bahwa penambahan oksigen melalui teknologi aerasi dapat menurunkan tingkat kecerahan lebih baik dari non aerasi.

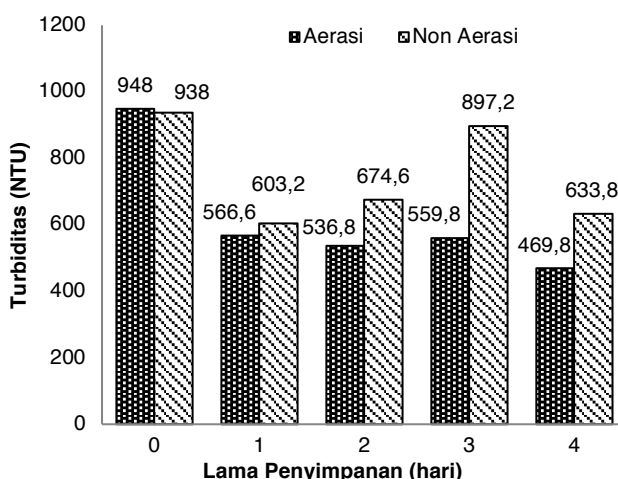
Total Padatan Terlarut AFM

Nilai TDS awal limbah cair mocaf non aerasi senilai 358,9 ppm dan terus mengalami penurunan sampai hari ke-4 dengan nilai akhir 177,7 ppm, atau turun sebesar 50,49%, sedangkan pada AFM dengan sistem aerasi, terlihat tren yang menurun meskipun pada hari ke-1 terjadi peningkatan 9,85% dengan nilai 394,8 ppm kemudian menurun di hari ke-2 dengan nilai 238,7 ppm sampai di hari ke-4 menjadi 176,3 ppm dengan persentase penurunan dari hari ke-0 sebesar 50,93%. Nilai akhir hari ke-4 antara perlakuan aerasi dengan non aerasi yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) sebagaimana tampil pada Figur 3. Dari hasil uji beda *T-test* dapat

disimpulkan bahwa perlakuan aerasi tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap penurunan nilai TDS.



Figur 3. Pengaruh perlakuan aerasi terhadap TDS AFM. Analisa TDS dilakukan selama 4 hari diukur dalam suhu ruang (n=3).



Figur 4. Pengaruh perlakuan aerasi terhadap turbiditas AFM. Analisa turbiditas dilakukan selama 4 hari diukur dalam suhu ruang (n=3).

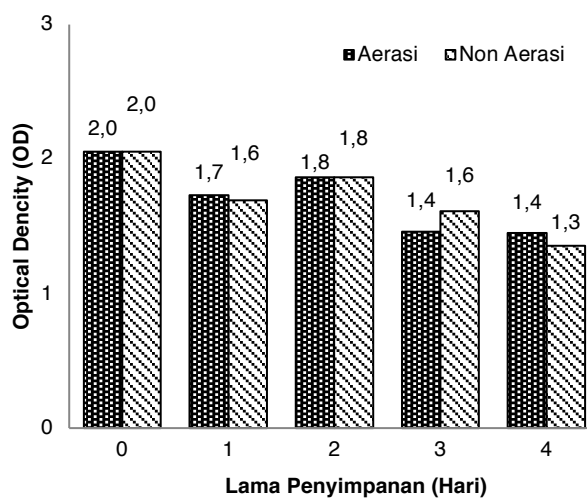
Total padatan terlarut di dalam AFM diduga terhitung dari gula-gula yang terlarut, asam-asam organik yang terbentuk selama proses fermentasi (Reis *et al.*, 2012; Ismawati *et al.*, 2016). Penurunan TDS pada penelitian ini, diduga karena proses degradasi bahan organik yang merupakan sumber energi mikroorganisme, sehingga semakin kecil perubahan nilai TDS menunjukkan penurunan aktivitas mikroorganisme (Nazari *et al.*, 2019).

Turbiditas Air Fermentasi Mocaf

Hari ke-0 memiliki nilai sebesar 980 *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) kemudian menurun setelah didiamkan selama 1 hari tanpa diberikan aerasi sebesar 35,69% (603,2 NTU) dan perlakuan aerasi sebesar 39,59% (566,6 NTU). Di hari ke-2 terjadi peningkatan sebesar 11,83% (674,6 NTU) pada AFM non aerasi, sedangkan pada perlakuan aerasi mengalami penurunan 5,25% (536,8 NTU) dibandingkan

hari ke-1. Hari ke-3, pada non aerasi meningkat sebesar 32,99% (897,2 NTU), pada perlakuan aerasi meningkat 4,28% (559,8 NTU) dibandingkan hari ke-2. Hari ke-4, kedua perlakuan tersebut mengalami penurunan sebesar 29,35% (633,8 NTU) pada yang non aerasi, sedangkan pada perlakuan aerasi menurun sebesar 16,07% (469,8 NTU) dibandingkan hari ke-3 (Figur 4). Trend perubahan turbiditas pada perlakuan non aerasi lebih kecil dari perlakuan aerasi. Perlakuan aerasi dan non aerasi setelah dilakukan uji beda *T-test* tidak menunjukkan hasil yang beda secara signifikan ($p > 0,05$). Jika dilihat nilai di hari ke-4 inkubasi, AFM dengan perlakuan aerasi lebih baik dalam menurunkan nilai turbiditas, yaitu sebesar 49,9% daripada yang non aerasi yakni sebesar 32,43%.

Efek negatif dari tingginya nilai turbiditas AFM yaitu dapat menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke dalam air, jika langsung dibuang di perairan (sungai) sehingga dapat mengganggu fotosintesa biota di perairan (Supriyantini, *et al.*, 2018). Nilai turbiditas AFM non aerasi dan aerasi yang fluktuatif ini diduga dikarenakan pada AFM non aerasi flok-flok yang terbentuk berukuran mikro sehingga terdispersi dan susah mengendap, sedangkan perlakuan aerasi terbentuk filamen-filamen sehingga membentuk flok-flok dalam ukuran lebih besar yang akhirnya menyebabkan mudah mengendap.



Figur 5. Pengaruh perlakuan aerasi terhadap OD₆₁₀ nm. Analisa ini dilakukan selama 4 hari diukur dalam suhu ruang (n=3).

Optical Density AFM

Air fermentasi mocaf yang diambil sesaat setelah proses fermentasi chip selesai, memiliki nilai OD₆₁₀ nm sebesar 2,0. AFM non aerasi memiliki nilai 1,3-2,0 sedangkan yang aerasi memiliki nilai 1,4-2,0. *Optical density* atau OD tetap mengalami penurunan meskipun inkubasi AFM dengan perlakuan aerasi atau tidak (Figur 5). Berdasarkan analisis uji beda *T-test* diperoleh $p > 0,05$ yang artinya antara perlakuan aerasi dengan non aerasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Pemantauan perubahan OD pada panjang gelombang range 600-610 nm bertujuan untuk mengetahui tingkat penurunan aktivitas bakteri sebagaimana yang telah dilakukan oleh Smetanková *et al.* (2018). Pada Figur 5, terlihat tren

penurunan yang sama antara perlakuan aerasi dan non aerasi, sehingga diduga aktivitas BAL mengalami penurunan setelah dilakukan inkubasi selama 4 hari.

Kesimpulan

Perlakuan aerasi memberikan dampak besar terhadap penurunan kadar H₂O₂ AFM, namun ternyata tidak berdampak besar pada tingkat kecerahan, turbiditas, dan total padatan terlarut. Penurunan H₂O₂ yang lebih besar terjadi pada perlakuan dengan aerasi.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Kemenristekdikti atas dukungan pendanaan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat selesai dilaksanakan.

Daftar Pustaka

- Al-Baarri, A.N., Legowo, A.M., Abduh, S.B.M., Desnasari, D., Lestari, F.P., Widayat, Santoso, I.P.M. 2018. Potential of L-fucose isolated from brown seaweeds as promising natural emulsifier compare to carboxymethyl cellulose (CMC). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 116(1):1-6. DOI:10.1088/1755-1315/116/1/012005.
- Al-Baarri, A.N., Ogawa, M., Hayakawa, S. 2016. Scale-up studies on immobilization of lactoperoxidase using milk whey for producing antimicrobial agent. Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture 35(3):185–191. DOI:10.14710/jitaa.35.3.185-191.
- Arndt, R.E., Wagner, E.J. 1997. The toxicity of hydrogen peroxide to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and cutthroat trout *Oncorhynchus clarki* fry and fingerlings. Journal of the World Aquaculture Society 28(2):150–157. DOI:10.1111/j.1749-7345.1997.tb00850.x.
- Chamaraja, N.A., Shivakumar, A., Chidan, K.C.S., Praveen, K.C.B., Kumara, S.N. 2017. Spectrophotometric determination of peroxidase using N, N-diethyl-p-phenylenediamine sulphate and 3-Aminophenol as a chromogenic reagent: Application of the method to seeds of some fruits. Chemical Data Collections 11(12):84–95. DOI: 10.1016/j.cdc.2017.08.005.
- Consolaro, A. 2014. Mouthwashes with hydrogen peroxide are carcinogenic, but are freely indicated on the internet: warn your patients. Dental Press Journal of Orthodontics 18(6): 5–12. DOI: 10.1590/s2176-94512013000600002.
- De Menezes, R.P., Silva, P.D., Leal, P.C., Faria-e-Silva, A. L.. 2018. Impact of 35% hydrogen peroxide on color and translucency changes in enamel and dentin. Brazilian Dental Journal 29(1):88–92. DOI:10.1590/0103-6440201801553.
- Ismawati, N., Nurwantoro, Pramono, Y.B. 2016. Nilai pH, total padatan terlarut, dan sifat sensoris yoghurt dengan penambahan ekstrak bit (*Beta Vulgaris* L.). Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 5(3):89–93. DOI:10.17728/jatp.181.
- Loque, D., Schaaf, G., Ludewig, U., Moran, O., Dynowski, M. 2008. Plant plasma membrane water channels conduct the signalling molecule H₂O₂. Biochemical Journal 414(1):53–61. DOI: 10.1042/bj20080287.
- Mishra, S., Imlay, J. 2012. Why do bacteria use so many enzymes to scavenge hydrogen peroxide. Archives of Biochemistry and Biophysics. Elsevier Inc 525(2):145–160. DOI: 10.1016/j.abb.2012.04.014.
- Nazari, S., Safarzadeh, H., Bahiraei, M. 2019. Performance improvement of a single slope solar still by employing thermoelectric cooling channel and copper oxide nanofluid: an experimental study. Journal of Cleaner Production 208:1041–1052. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.10.194.
- Pericone, C. D., Park, S., Imlay, J.A., Weiser, J.N. 2003. Factors contributing to hydrogen peroxide resistance in *Streptococcus pneumoniae* include pyruvate oxidase (spxb) and avoidance of the toxic effects of the fenton reaction. Journal of Bacteriology 185(23):6815–6825. DOI: 10.1128/JB.185.23.6815-6825.2003.
- Reis, J.A., Paula, A.T., Casarotti, S.N., Penna, A.L.B. 2012. Lactic acid bacteria antimicrobial compounds: characteristics and applications. Food Engineering Reviews 4(2): 124–140. DOI: 10.1007/s12393-012-9051-2.
- Ren, J., Li, N., Wei, H., Li, A., Yang, H. 2020. Efficient removal of phosphorus from turbid water using chemical sedimentation by FeCl₃ in conjunction with a starch-based flocculant. Water Research 170:7-10. DOI:10.1016/j.watres.2019.115361.
- Riebe, O., Fischer, R.J., Wampler, D.A., Kurtz, D.M., Bahl, H. 2008. Pathway for H₂O₂ and O₂ detoxification in *Clostridium acetobutylicum*. Microbiology 155(1):16–24. DOI: 10.1099/mic.0.022756-0.
- Rosales-Soto, M.U., Gray, P.M., Fellman, J.K., Mattinson, D.S., Ünlü, G., Huber, K., Powers, J.R. 2016. Microbiological and physico-chemical analysis of fermented protein-fortified cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour. LWT-Food Science and Technology. Elsevier Ltd 66: 355–360. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.10.053.
- Sakamoto, M., Tano, Y., Uchimura, T., Komagata, K. 1998. Aerobic growth of some lactic acid bacteria enabled by the external addition of peroxidase (Horseradish) to the culture medium. Journal of Fermentation and Bioengineering 85(6): 627–629. DOI: 10.1016/S0922-338X(98)80017-2.
- Slamet, Ulyarti, Rahmi, S.L. 2019. Effect of fermentation time of patchouli leaves using tempe yeast on yield. Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia 11(01): 19–25. DOI: 10.17969/jtipi.v11i1.11671.
- Smetanková, J., Kohajdová, Z., Greif, G., Greifová, M., Hladíková, Z., Zimanová, M., Valach, F. 2018. Influence of aerobic and anaerobic conditions on the growth and metabolism of selected strains of

- Lactobacillus plantarum*. Acta Chimica Slovaca 5(2):204–210. DOI: 10.2478/v10188-012-0031-1.
- Sugama, J., Uchida, S., Yamashiro, N., Morishima, Y., Hirose, T., Miyazawa, T., Tachibana, M. 2004. Effects of hydrogen peroxide on corrosion of stainless steel, (II) Evaluation of oxide film properties by complex impedance measurement. Journal of Nuclear Science and Technology 41(9): 880–889. DOI: 10.1080/18811248.2004.9715560.
- Supriyantini, E., Nuraini, R.A.T., Fadmawati, A.P. 2018. Studi kandungan bahan organik pada beberapa muara sungai di kawasan ekosistem mangrove, di wilayah pesisir pantai utara kota Semarang, Jawa Tengah. Buletin Oseanografi Marina 6(1):29. DOI:10.14710/buloma.v6i1.15739.
- Wang, Y., Zhao, K.J., Zhang, Z., Jia, H., Chen, J., Fu, C. 2018. Simple approach to fabricate a highly sensitive H₂O₂ biosensor by one-step of graphene oxide and horseradish peroxidase co-immobilized glassy carbon electrode. International Journal of Electrochemical Science 13(3): 2921–2933. DOI:10.20964/2018.03.20.
- Whittenbury, R. 2009. Hydrogen peroxide formation and catalase activity in the lactic acid bacteria. Journal of General Microbiology 35(1):13–26. DOI: 10.1099/00221287-35-1-13.
- Zotta, T., Parente, E., Ricciardi, A. 2017. Aerobic metabolism in the genus *Lactobacillus*: impact on stress response and potential applications in the food industry. Journal of Applied Microbiology 122(4): 857–869. DOI: 10.1111/jam.13399.