

EVALUASI KUALITAS LARUTAN MIKROORGANISME LOKAL (MOL) BERBASIS LIMBAH BUAH DAN POTENSI SEBAGAI BIOAKTIVATOR

YUNILAS, EDHY MIRWHANDHONO, EFRATA

Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan

Email: yunilas@usu.ac.id

ABSTRAK

Larutan mikroorganisme lokal (MOL) adalah larutan hasil fermentasi bahan organik yang mengandung beragam mikroorganisme. MOL berperan sebagai bioaktivator bahan-bahan organik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kualitas larutan MOL berbasis limbah buah (pepaya, pisang, nanas) dan potensi sebagai bioaktivator dalam pengolahan pakan ternak. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan perlakuan lama fermentasi yaitu: fermentasi selama 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Variabel yang diamati antara lain: warna, aroma, pH, asam laktat, asam asetat, glukosa, suhu, dan populasi mikroba. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi menghasilkan warna larutan MOL dari coklat muda – coklat tua dan aroma dari sedikit asam - asam. Larutan MOL hasil fermentasi mengandung rata-rata pH berkisar 4.67 – 6.83, asam laktat 2.33 - 3.23%, asam asetat 1.57 - 2.20%, glukosa 5 – 6, suhu 29 – 31.3 °C, dan total mikroba 1.11×10^6 – 2.13×10^6 sel/ml. Lama fermentasi dapat meningkatkan kualitas larutan MOL sampai hari ke 14 ditandai dengan total mikroba tertinggi yaitu 2.13×10^6 sel/ml dan dapat digunakan sebagai bioaktivator dalam fermentasi.

Kata Kunci: kualitas, limbah buah, MOL.

ABSTRACT

Local microorganism solution (MOL) is a solution resulting from the fermentation of organic materials containing various microorganisms. MOL acts as a bioactivator for organic materials. This research aimed to evaluate the quality of fruit waste-based MOL solutions (papaya, banana, pineapple) and their potential as bioactivators in animal feed processing. The research used experimental methods with long fermentation treatments, namely: fermentation for 7 days, 14 days, 21 days, and 28 days. The variables observed include: color, aroma, pH, lactic acid, acetic acid, glucose, temperature, and microbial population. The research results showed that fermentation produced the color of the MOL solution from light brown to dark brown, and the aroma was slightly sour. The fermented MOL solution contains an average pH ranging from 4.67 to 6.83, lactic acid 2.33 to 3.23%, acetic acid 1.57 to 2.20%, glucose 5–6, temperature 29–31.3 oC, and total microbes of 1.11×10^6 to 2.13×10^6 cells/ml. Fermentation time can improve the quality of the MOL solution up to day 14, which is characterized by the highest total microbes, namely 2.13×10^6 cells/ml, and can be used as a bioactivator in fermentation.

Keywords: quality, fruit waste, MOL.

PENDAHULUAN

Limbah buah merupakan hasil samping dari pertanian dan perkebunan. Limbah buah yang terbuang begitu saja dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena menghasilkan bau tidak sedap, sumber penyakit dan menghasilkan gas metan. Proses pembusukan dapat terjadi karena penguraian bahan organik tidak terkontrol oleh mikroba pembusuk. Terdapat beberapa limbah buah yang mudah membusuk dan banyak terdapat dipasar seperti pepaya, pisang dan nanas. Upaya yang dapat dilakukan agar limbah buah-buahan ini tidak MOL adalah larutan hasil fermentasi yang terdiri dari berbagai mikroorganisme dan membantu proses penguraian (dekomposisi) berbagai bahan organik. Bermanfaat dibidang peternakan dalam hal pengolahan pakan limbah, dan pengolahan pupuk organik (Yunilas et al., 2022). MOL adalah

mikroorganisme dimanfaatkan sebagai starter dalam pembuatan pupuk organik padat maupun pupuk cair. Adapun bahan utama MOL terdiri dari beberapa komponen, yaitu karbohidrat, glukosa dan sumber mikroorganisme (Ismaya dan Parawansa, 2014). Mikroorganisme Lokal (MOL) merupakan kumpulan dari beberapa jenis mikroorganisme yang dapat dibudidayakan dan dimanfaatkan sebagai *starter* dalam pembuatan bokasi. Penggunaan MOL sebagai biokomposer dapat mempercepat proses fermentasi pada bokasi (Juanda et al., 2011). MOL dapat disebut sebagai bioaktivator yang bertujuan untuk mempercepat proses fermentasi dan merupakan kumpulan dari beberapa MOL dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam sekitar. Melalui proses fermentasi, MOL dapat berfungsi sebagai perombak bahan organik dan pupuk cair organik (Budiyani dan Soniari, 2016).

Larutan MOL mengandung beragam mikroorganisme baik bakteri, fungi maupun yeast yang hidup secara bersama dan saling bersinergis (Yunilas, 2022). Eksploitasi mikroba dapat dilakukan dari lingkungan sekitar (tumbuhan, hewan, tanah, air, lumpur dll. Salah satu hasil isolasi diperoleh isolat bakteri potensial pendegradasi serat salah satunya *Bacillus* sp dari MOL berbasis limbah perkebunan dan industri kelapa sawit. Disamping itu juga berhasil mengisolasi beragam isolate fungi dan yeast potensial pendegradasi serat (Yunilas et al., 2013 dan Yunilas, 2016). Larutan MOL disamping mengandung mikroorganisme (mikroba) juga mengandung produk hasil metabolisme berupa gula sederhana dan hasil samping berupa asam-asam organik, CO₂, energi (panas) (Yunilas et al., 2022).

Larutan MOL mengandung unsur hara makro dan mikro, serta mikroorganisme yang dapat berfungsi sebagai perombak bahan organik dan pengendali hama dan penyakit tanaman, sehingga larutan ini dapat digunakan dengan baik sebagai pupuk hayati dan pestisida organik (Purwasmita dan Kurnia, 2009). Sumber mikroorganisme lokal (MOL) adalah limbah organik dari lingkungan sekitar, seperti limbah pertanian, perkebunan, industri pengolahan pangan, dan peternakan. Penambahan gula (glukosa) sebagai sumber energi mudah larut (seperti molasses, gula merah, gula putih, dan gula aren) dan air cucian beras, nasi dan air kelapa sebagai sumber mineral membantu pertumbuhan mikroba. Sumber karbohidrat pembuatan MOL pada penelitian ini yaitu menggunakan, Bonggol pisang mengandung gizi yang cukup tinggi dengan komposisi yang lengkap, mengandung karbohidrat (66%), mempunyai kandungan kadar protein 4,35%, sumber mikroorganisme pengurai bahan organik atau dekomposer (Ole, 2013). Media yang baik untuk pertumbuhan mikroba adalah air kelapa karena air kelapa mengandung 7,27% karbohidrat; 0,29% protein; beberapa mineral antara lain 312 mg L⁻¹ kalium; 30 mg L⁻¹ magnesium; 0,1 mg L⁻¹ besi; 37 mg L⁻¹ fosfor; 24 mg L⁻¹ belerang; dan 183 mg L⁻¹ klor (Budiyanto, 2002).

Larutan MOL berbasis limbah sayur berpotensi sebagai bioaktivator dalam fermentasi (Yunilas et al., 2022). Fermentasi Limbah sayur dengan MOL mampu meningkatkan kandungan nutrisi limbah dengan kandungan protein kasar sebesar 20.23% dan menurunkan serat kasar sebesar 14.80% (Yunilas et al., 2023). Lama fermentasi dapat meningkatkan kandungan nutrisi tumpil jagung. Fermentasi tumpil jagung terbaik diperoleh pada 28 hari fermentasi (Yahya et al., 2023).

Nampak perbedaan sumber bahan organik sebagai subtract (media) dan lama fermentasi mempengaruhi kualitas hasil suatu fermentasi. Demikian juga perbedaan mikroba sebagai bioaktivator yang digunakan dalam fermentasi termasuk dalam pembuatan MOL menghasilkan MOL yang berbeda karakteristik maupun kandungan mikroba. Berdasarkan pemaparan diatas penulis tertarik untuk mengevaluasi karakteristik dan potensi larutan mol yang dihasilkan dari limbah buah-buahan dan diharapkan dapat dijadikan sebagai agen bioaktivator dalam fermentasi bahan organik.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yaitu 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan fermentasi limbah buah dilakukan secara anaerob pada lama inkubasi (fermentasi) yaitu: F1 = fermentasi limbah buah (papaya, pisang, nanas) selama 7 hari, F2 = fermentasi limbah buah (papaya, pisang, nanas) selama 14 hari, F3 = fermentasi limbah buah (papaya, pisang, nanas) selama 21 hari, F4 = fermentasi limbah buah (papaya, pisang, nanas) selama 28 hari.

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain: timbangan analitik, autoclave, mikroskop, hemocytometer, erlenmeyer, tabung reaksi, pipet, gelas ukur, pH meter, spatula, aquades, pipet tetes, plastic, buret, beaker glass, alat titrasi. Bahan yang digunakan antara lain limbah buah (papaya, pisang, nanas), dedak halus, molasses, air kelapa, air cucian beras, air dan NaOH.

Variabel yang diamati:

Variabel yang akan diamati adalah: warna, aroma, pH, total asam laktat, total asam asetat, Glukosa, suhu dan total mikroba (populasi mikroba).

Analisis data

Data dianalisis menggunakan analisis keragaman (ANOVA). Jika hasil analisis berpengaruh maka dilakukan uji lanjut jarak berganda Duncan (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

MOL dibuat dari berbagai bahan limbah buah seperti buah pepaya, pisang (1:1:1) ditimbang sebanyak 80 g lalu dicacah sampai kecil, dan dimasukkan ke dalam botol kapasitas 500 ml, kemudian masukkan 28 g molasses, 8 g dedak. Selanjutnya masukkan air kelapa, air cucian beras, dan air (1 : 1 : 1) ke dalam botol tersebut sebanyak 284 ml air. Semua bahan diaduk sampai tercampur merata. Selanjutnya disimpan (diinkubasi) sesuai perlakuan yaitu 7, 14, 21 dan 28 hari. Hasil inkubasi diamati dan dicatat sesuai perlakuan. Karakteristik MOL berbasis limbah buah pepaya, pisang dan nanas diamati berdasarkan sifat fisik, sifat kimia dan biologis larutan MOL. Lama fermentasi mempengaruhi sifat fisik, sifat kimia dan biologis larutan MOL.

Hasil

Hasil fermentasi limbah buah menunjukkan adanya perubahan warna larutan MOL dari coklat muda sebelum fermentasi menjadi coklat tua setelah fermentasi. Lama fermentasi limbah buah menghasilkan aroma yang semakin asam. Fermentasi limbah buah sampai 28 hari inkubasi diperoleh pH berkisar 4,67 – 6,83. Proses fermentasi anaerobik merangsang pertumbuhan populasi mikroba bakteri asam laktat (BAL). Fermentasi limbah buah sampai 28 hari menghasilkan rataan total asam laktat berkisar 2.33 % – 3.23 %. Dan asam asetat berkisar 1.57 - 2,20%. Kadar glukosa larutan MOL berfluktuasi yaitu berkisar 5 - 6 %. Suhu larutan hasil fermentasi limbah buah berkisar 29.0 - 31,30 °C. Populasi mikroba larutan MOL yang difermentasi berkisar 1,11 X 10⁶ (transf. LogX. 6.0437) sampai 2,13 X 10⁶ (transf logX. 6.3282).

Pembahasan

Warna larutan MOL

Selama fermentasi terjadi perubahan warna larutan MOL dari coklat muda sebelum fermentasi menjadi coklat tua setelah fermentasi. Semakin lama proses fermentasi berlangsung maka warnanya akan semakin gelap. Perubahan warna terjadi pada hari 14 fermentasi sampai 28 hari fermentasi. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Yunilas et al., (2022) pengaruh lama fermentasi limbah sayur terhadap warna MOL.

Hasil penelitian Yunilas et al (2021) dan Yunilas et al (2022) menunjukkan perubahan warna terjadi karena proses pencoklatan enzimatis dan non enzimatis. Proses pencoklatan enzimatis melibatkan aktifitas mikroorganisme. Reaksi Maillard, yaitu reaksi pencoklatan non enzimatis yang disebabkan oleh reaksi gula pereduksi dengan gugus amina bebas pada asam amino atau substrat protein. Sedangkan menurut Parawansa (2014), warna MOL tidak terkait terhadap mutu utama MOL.

Hasil penelitian ini sesungguhnya menunjukkan bahwa pengamatan fisik seperti warna merupakan identifikasi awal dari kualitas suatu produk termasuk MOL. Hal ini dapat menjadi gambaran bahwa perubahan warna menunjukkan perubahan kualitas suatu produk karena selama proses fermentasi terjadi perubahan proses biokimia (penguraian) senyawa komplit menjadi sederhana, yaitu terurainya karbohidrat sehingga menghasilkan gula sederhana, hasil samping asam-asam organik, karbondioksida, air (uap air), dan energi (panas). Pemecahan senyawa komplit menjadi sederhana secara tidak langsung meningkatkan kualitas bahan organik (substrat) sebagai pakan karena meningkatkan pencernaan.

Aroma larutan MOL

Hasil fermentasi limbah buah menunjukkan semakin lama proses fermentasi berlangsung maka aroma semakin asam. Perubahan aroma terjadi dari aroma sedikit asam (asam segar) sampai aroma asam. Perubahan aroma terjadi karena aktivitas mikroorganisme menghidrolisis karbohidrat menghasilkan hasil samping asam-asam organik berupa asam laktat ataupun alkohol. Aroma asam berasal dari produk akhir berupa asam-asam organik tersebut.

Fermentasi bahan organik dengan menggunakan mikroorganisme pengurai menghasilkan aroma asam yang khas dan dapat menguraikan karbohidrat menjadi asam laktat sehingga menghasilkan rasa asam yang khas (Yunilas et al., 2018). Lamid (2012) menyatakan fermentasi yang baik memiliki aroma asam segar karena mengandung asam laktat. Aroma produk fermentasi dikelompokkan atas 3 kriteria yaitu: tidak asam (2-3), sedikit asam (4-6) dan asam (7-9), McElhally (1994).

Menurut Yunilas et al., (2022), asam organik yang dihasilkan merupakan hasil aktivitas mikroorganisme yang menghidrolisis karbohidrat menghasilkan glukosa dan hasil samping berupa asam organik seperti asam laktat dan alkohol. Yuliana (2021) melaporkan MOL yang siap digunakan adalah memiliki ciri aroma asam mirip tape. Bau asam pada MOL merupakan hasil fermentasi yang menghasilkan asam organik.

Aroma asam menunjukkan bahwa telah terjadi hidrolisis karbohidrat menghasilkan glukosa dan hasil samping berupa asam-asam organik. Akan tetapi aroma asam yang dihasilkan pada MOL bukan berarti MOL sudah matang dan siap untuk digunakan karena kualitas MOL sangat ditentukan dari populasi mikrobanya. MOL berperan optimal jika mengandung total mikroba $\geq 10^6$. Mikroba berperan sebagai bioaktivator dalam degradasi (dekomposisi) bahan-bahan organik yang dibutuhkan pada proses pengolahan pakan atau pupuk organik.

Salah satu ciri mutu MOL yang penting dapat ditandai dari aroma MOL yang dihasilkan. MOL yang baik ditandai dengan munculnya campuran aroma asam dan alkohol. Jika aroma MOL yang dihasilkan berbau tidak sedap kemungkinan proses fermentasi yang dilakukan mengalami kegagalan. Apabila MOL yang dihasilkan masih berbau bahan baku diduga proses fermentasinya belum selesai (Erungan et al., 2005).

pH Larutan MOL Berbasis Limbah Buah

Sifat kimia larutan MOL dilihat berdasarkan nilai pH yang terbentuk. Fermentasi substrat organik berasal dari limbah buah sampai 28 hari inkubasi berkisar 4,67 – 6,83 (Gambar 1). Berdasarkan analisis keragaman diperoleh lama fermentasi berpengaruh sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap pH larut MOL.

Nampak semakin lama fermentasi berlangsung pH larutan MOL semakin turun. Penurunan pH terjadi karena meningkatnya aktifitas mikroba dalam menghidrolisis karbohidrat dan menghasilkan asam-asam organik. Semakin tinggi aktifitas mikroba menghidrolisis karbohidrat maka produksi asam-asam organik akan meningkat sehingga pH semakin turun. Akumulasi produk asam-asam organik ini menyebabkan penurunan pH hasil fermentasi. Nilai pH terendah dicapai pada 28 hari fermentasi. Hal ini dimungkinkan karena aktifitas mikroba optimum dalam menghidrolisis karbohidrat sehingga terjadi peningkatan produksi asam organik. Peningkatan produksi asam-asam organik menyebabkan penurunan pH larutan MOL. Kondisi ini memperlihatkan bahwa produksi asam organik berbanding terbalik dengan pH.

Marsiningsih et al., (2015) menyatakan bahwa derajat keasaman produk MOL berhubungan erat dengan produksi asam organik oleh mikroba yang dapat menurunkan pH menjadi 5,0 - 3,0. Dalam prosesnya, terjadi pelepasan ion hidrogen yang dapat mengubah keseimbangan larutan sehingga pH menjadi rendah. Swandi et al (2023) melaporkan kurangnya waktu inkubasi akan mengakibatkan kurang optimalnya proses fermentasi yang dilakukan oleh mikroba.

Total Asam Laktat Larutan MOL berbasis limbah buah

Proses fermentasi anaerobik merangsang pertumbuhan populasi mikroba bakteri asam laktat (BAL). BAL dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan hasil fermentasi. 1) bakteri homofermentatif yang menghasilkan asam laktat sebagai produk utamanya; 2) bakteri heterofermentatif yang juga menghasilkan senyawa lain seperti asam asetat dan CO₂. Adanya produksi asam laktat menunjukkan adanya kelompok bakteri asam laktat (BAL) dalam larutan MOL. Fermentasi anaerobik ini dapat merangsang pertumbuhan bakteri asam laktat golongan homofermentatif (BAL).

Fermentasi limbah buah sampai 28 hari menghasilkan rata-rata total asam laktat berkisar 2.33 % – 3.23 %. Hasil ini tidak berbeda jauh dari hasil penelitian Yunilas et al (2022), kadar asam laktat pada fermentasi limbah sayur yaitu berkisar 2.10 – 3.08%. Walaupun kadar asam laktat tidak berbeda nyata namun tren kadar asam laktat MOL limbah buah nampak lebih tinggi dari pada limbah sayur. Komponen asam pada buah dan sayur merupakan hasil metabolit sekunder (produk samping) metabolisme sel. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan asam yang terjadi karena perbedaan jenis buah dan sayur serta banyak asam organik yang terkandung didalamnya.

Produksi total asam laktat berfluktuasi seiring dengan semakin lamanya fermentasi. Produk optimal dicapai pada hari ke 21 masa inkubasi dan kemudian mengalami penurunan. Ini memberi gambaran terjadinya peningkatan aktifitas mikroba dalam mendegradasi karbohidrat dan terjadi penurunan seiring dengan semakin berkurangnya nutrisi terutama sumber karbon. Penurunan aktivitas mikroba secara tidak langsung akan menurunkan produk berupa asam-asam organik tersebut. Namun, secara statistik fermentasi sampai 28 hari tidak memberi pengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap total asam laktat.

Total Asam asetat Larutan MOL berbasis limbah buah

Anugrah (2005), pengukuran total asam titrasi nilai yang diukur adalah asam terdisosiasi dan asam tidak terdisosiasi. Titik akhir titrasi menentukan konsentrasi ion hidrogen yang diperoleh dalam larutan garam asam dan basa pada konsentrasi yang terbentuk dalam larutan tertentu.

Hasil fermentasi asetat berfluktuasi dari fermentasi 7 hari sampai 28 hari. Fermentasi substrat organik berbasis limbah buah pada berbagai lama fermentasi (inkubasi) menghasilkan asam asetat berkisar 1.57 - 2,20%. Hasil ini tidak berbeda jauh dari hasil penelitian Yunilas et al (2022), fermentasi limbah sayur yaitu kadar asam asetat berkisar 1.40 -2.05%. Sama halnya

dengan asam laktat, kadar asam asetat berbeda terjadi karena perbedaan jenis buah dan sayur serta banyak asam organik yang terkandung didalamnya.

Pada fermentasi 7 hari (F1) inkubasi menunjukkan total asam asetat lebih rendah dibanding yang lainnya. Hal ini mengindikasikan aktivitas mikroba belum tinggi. Mikroba baru memasuki fase adaptasi (lag fase). Aktivitas mikroba menghidrolisis karbohidrat menghasilkan asam-asam organik termasuk asam asetat masih rendah. Aktivitas mikroba meningkat pada hari ke 21 fermentasi dan setelah itu terjadi penurunan. Penurunan aktivitas mikroba secara tidak langsung akan menurunkan produk berupa asam-asam organik termasuk asam asetat. Namun, secara statistik fermentasi sampai 28 hari tidak memberi pengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap total asam asetat.

Glukosa Larutan MOL berbasis limbah buah

Kadar glukosa larutan MOL berfluktuasi yaitu berkisar 5 - 6 %. Kadar produksi tertinggi diperoleh pada fermentasi 14 hari, namun menurun seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Hal ini menggambarkan semakin lama proses fermentasi maka aktifitas mikroba semakin menurun seiring dengan semakin berkurangnya ketersediaan nutrisi dalam media. terendah pada 28 hari fermentasi. Namun, lama fermentasi limbah buah tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap kandungan glukosa dalam larutan MOL.

Suhu Larutan MOL berbasis limbah buah

Suhu larutan hasil fermentasi limbah buah berkisar 29,0 - 31,30 °C. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa fermentasi sampai 28 hari memberi pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap suhu larutan MOL. Lama fermentasi menghasilkan suhu proses pembuatan MOL yang semakin menurun. Penurunan suhu menggambarkan aktifitas mikroorganisme menghidrolisis karbohidrat untuk menghasilkan glukosa. Hasil sampingan dari proses metabolisme salah satunya adalah energi (panas). Semakin lama waktu fermentasi maka ketersediaan nutrisi semakin berkurang sehingga produk hasil metabolisme beserta produk sampingannya juga berkurang. Menurut Kunaepah (2008) suhu merupakan salah satu faktor yang memengaruhi fermentasi selain pH, oksigen, mikroba, dan substrat.

Populasi mikroba larutan MOL

Lama fermentasi mempengaruhi total mikroba (populasi mikroba) yang terdapat pada substrat organik berbasis limbah buah. Populasi mikroba larutan MOL yang difermentasi berkisar $1,11 \times 10^6$ (trans. Log x. 6.0437) sampai $2,13 \times 10^6$ (trans log X. 6.3282).

Pertumbuhan bakteri menunjukkan pola pertumbuhan yang berbeda-beda pada periode waktu yang dibutuhkan untuk tumbuh maupun beradaptasi dan metabolit yang dihasilkan. Pernyataan Yuliani (2008), menyatakan bahwa keberhasilan proses fermentasi sangat dipengaruhi oleh keberhasilan dalam mengoptimalkan faktor-faktor dari pertumbuhan mikroba yang diinginkan. Faktor-faktor tersebut akan memberikan kondisi yang berbeda untuk setiap mikroba sesuai dengan lingkungan hidupnya masing-masing sehingga mempengaruhi kinetika fermentasinya.

Pada awal pengamatan tingkat pertumbuhan populasi mikroba hasil pengamatan terlihat masih rendah. Ini disebabkan karena mikroba baru memasuki fase adaptasi (lag fase). Pada fase lag, peningkatan populasi mikroba berlangsung lambat. Hal ini disebabkan mikroba sedang melakukan proses aklimatisasi terhadap kondisi lingkungan (pH, suhu, dan nutrisi). Fase adaptasi yang lambat memungkinkan terjadinya laju pertumbuhan mikroba rendah. Fardiaz (1992), mengatakan bahwa panjang atau pendeknya fase adaptasi sangat ditentukan oleh jumlah sel yang dinokulasikan, kondisi fisiologis dan morfologis yang sesuai serta populasi mikroba yang dibutuhkan.

Populasi mikroba meningkat pada hari ke 14. Hal ini terjadi seiring dengan adanya aktivitas enzim yang dihasilkan mikroba yang terus meningkat untuk menghidrolisis senyawa komplisit menjadi sederhana. Produk hasil fermentasi dimanfaatkan mikroba untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Akan tetapi pada hari ke 21 terjadi penurunannya namun tidak signifikan. Ini mengindikasikan pada hari ke 14 dan 21 fermentasi MOL berada pada fase stationer. Penurunan populasi mikroba yang paling rendah terjadi pada hari ke 28.

Produksi larutan MOL potensial sebagai bioaktivator dapat digunakan pada inkubasi 21 hari fermentasi atau $2,06 \times 10^6$. (transf. log 6.31). Hal ini sesuai dengan pernyataan Ilyas (2007), bahwa batasan rendahnya tingkat pertumbuhan populasi mikroba ditentukan berdasarkan banyak sedikitnya rerata kerapatan jumlah populasi mikroba yang tumbuh.

KESIMPULAN

Kualitas larutan MOL berbasis limbah buah (pepaya, pisang dan nenas) dapat dilihat secara fisik, kimiawi, dan biologis. Lama waktu fermentasi mempengaruhi kualitas larutan MOL. Kualitas MOL terbaik sebagai bioaktivator dihasilkan pada 14 hari fermentasi dengan populasi mikroba tertinggi $2,13 \times 10^6$. Larutan MOL yang akan digunakan sebagai bioaktivator sebaiknya diketahui total populasi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, S. T. (2005) Pengembangan Produk Kombucha Probiotik Berbahan Baku Teh Hitam (*Camlla sinensis*). (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Budiyani, N. K dan Soniari, N. N. 2016. Analisis Kualitas Larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) Bonggol Pisang. *Jurnal Agroteknologi Tropika* 5(1): 63-72.
- Budiyanto, M. 2002. Mikrobiologi Terapan. Universitas Muhammadiyah. Malang
- Erungan, A. C., Ibrahim, B., Yudistira, A. N. (2005) Analisis Pengambilan Keputusan Uji Organoleptik dengan Metode Multi Kriteria. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 8(1): 1–7. DOI: 10.17844/jphpi.v8i1.1030
- Frazier, W.C and D.C. Westhoff. (1987) *Food Microbiology*, 4th Edition. Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York.
- Fardiaz. (1992) Mikrobiologi Pangan. Pangan dan Gizi IPB, Bogor: PAU
- Ilyas, M. (2007) Isolasi dan Identifikasi Mikoflora Kapang pada Sampel Serasah Daun Tumbuhan di Kawasan Gunung Lawu, Surakarta, Jawa Tengah. *Biodiversitas*, 8(2), 105-110. DOI: 10.13057/biodiv/d080206
- Ismaya, N. R., & Ramli. (2014) Mikroorganisme Lokal (Mol) Buah Pisang dan Pepaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Ubi Jalar (*Ipomea batatas L.*). *Jurnal Agrisistem*, 10(1), 11-18. DOI: 10.26737/j-agr.v10i1.20
- Juanda, J., Irfan, I., Nurdiana, N. 2011. Pengaruh Metode dan Lama Fermentasi Terhadap Mutu MOL (Mikroorganisme Lokal). *Jurnal Floratek* 6: 140-144.
- Kunaepah, U. (2008) Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah (Tesis). Universitas Diponegoro, Semarang. DOI: 10.13140/RG.2.1.2583.0247
- Marsiningsih, N. W., Suwastika, A. A. N. G., & Sutari, N. W. S. (2015) Analisis Kualitas Larutan MOL (Mikroorganisme Lokal) Berbasis Ampas Tahu. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 4(3), 180-190. DOI: 10.24843/JAT.2015.v04.i03.p01
- M. Ellhiney. (1994) *Feedmanufacturing Industry*, 4th Ed. American Feed Industry Association Inc. Arlington
- Lamid, M., Ismudiono, S. Koesnoto, S., Chusniati, S., Hidayatik, N., & Vina, E. V. F. (2012) Karakteristik Silase Pucuk Tebu (*Saccharum officinarum*, Linn) dengan

- Penambahan *Lactobacillus Plantarum*. *Agroveteriner*, 1(1), 5-10. DOI: 10.20473/agrovet.v1i1.4427
- Ole, M. B. B. (2013) Penggunaan Mikroorganisme Bonggol Pisang (*Musa Paradisiaca*) Sebagai Dekomposer Sampah Organik. *Jurnal Universitas Atma Jaya Yogyakarta Fakultas Teknobiologi Program Studi Biologi*, 1(1), 1-10. DOI: 10.13140/RG.2.2.12192.76804
- Parawansa, I. N. (2014) Mikroorganisme Lokal (Mol) Buah Pisang dan Pepaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Ubi Jalar (*Ipomea batatas L.*). *Jurnal Agrisistem*, 10(1), 10-15. DOI: 10.26737/j-agr.v10i1.20
- Purwasasmita, M., & Kurnia, K. (2009) Mikroorganisme Lokal Sebagai Pemicu Siklus Kehidupan Dalam Bioreaktor Tanaman. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2009. Bandung: Institut Teknologi Bandung. DOI: 10.13140/RG.2.2.30396.04488
- Swandi, M. K., Mubarik, N. R., & Tjahjoleksono, A. (2019) Rhizobacterial inoculants: the formulation as biofertilizer and its application on chili plants (*Capsicum annum L.*). *Malaysian Journal of Microbiology*, 15(1), 44-51. DOI: 10.21161/mjm.112517
- Yuliana, M. (2021) The effect of local microorganism (MOL) as liquid organic fertilizer to the growth of *Ipomea reptans Poir.* *Jurnal Biota*, 7(1), 51-56. DOI: 10.19109/Biota.v7i1.7010
- Yuliana, N., Koesoemawardani, D., Susilawati, S., & Kurniati, Y., (2018) Lactic acid bacteria during fish fermentation (Rusip). *MOJ Food Processing & Technology*, 6(2), 211-216. DOI: 10.15406/mojfpt.2018.06.00167
- Yunilas, Y., Ginting, N., Wahyuni, T. H., Zahoor, M., Fati, N., & Wahyudi, A., (2021) Effect of various doses of local microorganism additives on silage physical quality of corn (*Zea mays L.*) waste. *Sarhad Journal of Agriculture*, 37(Special issue 1), 197-206. DOI: 10.17582/journal.sja/2021.37.s1.197.206
- Yunilas, L., Warly, L., Marlida, Y., & Riyanto, I. (2018) Evaluation Of Fiber Content Based On Palm Plantation Which Has Fermentation With Probiotic MOIYL. *Variabel*, 1(1), 18-25. DOI: 10.26737/var.v1i1.513
- Yunilas, L., Warli, L., Marlida, Y., & Riyanto, I. (2013) Potency of indigenous bacteria from oil palm waste in degrades lignocellulose as a sources of inoculum fermented to high fibre feed. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(9), 851-853. DOI: 10.3923/pjn.2013.851.853
- Yunilas, Y., Siregar, A. Z., Mirwhandhono, E., Purba, A., Fati, N., & Malvin, T. (2022) Potensi dan Karakteristik Larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) Berbasis Limbah Sayur sebagai Bioaktivator dalam Fermentasi. *Journal of Livestock and Animal Health*, 5(2), 53-59. DOI: 10.32530/jlah.v5i2.540
- Yunilas, Y., Mirwhandhono, E., Siregar, A., & Trisna, A. (2023) Potensi Limbah Sayur Sebagai Agen Media Tumbuh Maggot BSF (Black Soldier Fly). *Jurnal Kolaboratif Sains*, 6(6), 477-486. DOI: 10.26737/jks.v6i6.23388