

Potensi dan Karakteristik Larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) Berbasis Limbah Sayur sebagai Bioaktivator dalam Fermentasi

Potency and Characteristics of Vegetable Waste-Based Lokal Microorganisms Solution (MOL) as Bioaktivator in Fermentation

Yunilas¹, Ameilia Zuliyanti Siregar¹, Edhy Mirwhandhono¹, Adnan Purba¹, Nelzi Fati², Toni Malvin²

¹Departemen Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan

yunilas1@usu.ac.id

²Program Studi Teknologi Produksi Ternak, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Diterima : 29 Juni 2022
Diterbitkan : 19 Agustus 2022
Online : 31 Agustus 2022

Abstrak: Larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) adalah larutan hasil proses fermentasi berbagai bahan organik yang berasal dari lingkungan. Larutan MOL mengandung beragam Mikroorganisme Lokal yang potensial untuk digunakan sebagai bioaktivator dalam fermentasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi dan karakteristik larutan MOL yang berasal dari limbah sayur (sawi hijau, kol, dan daun kembang kol). Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 4 perlakuan dan 3 ulangan sehingga diperoleh 12 unit percobaan. Perlakuan meliputi berbagai lama fermentasi (inkubasi) MOL berbasis limbah sayur yaitu: T₁ = fermentasi 7 hari, T₂ = fermentasi 14 hari, T₃ = fermentasi 21 hari, dan T₄ = fermentasi 28 hari. Variabel yang diamati adalah karakteristik fisik (warna dan aroma), biologis (total mikroba), dan kimiawi (pH, asam laktat, asam asetat, glukosa, dan suhu). Hasil penelitian menunjukkan lama fermentasi dapat menyebabkan perubahan warna dan aroma larutan MOL. Lama fermentasi berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap pH, berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap total mikroba, suhu, glukosa, dan tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap total asam laktat dan asam asetat larutan MOL. Kesimpulannya adalah larutan MOL berbasis limbah sayur berpotensi sebagai bioaktivator dalam fermentasi. Karakteristik larutan MOL berbasis limbah sayur dipengaruhi oleh lama fermentasi. MOL terbaik dihasilkan pada hari ke-14 fermentasi dengan populasi mikroba sebesar $2,24 \times 10^6$.

Kata Kunci: Lama fermentasi, limbah sayur, mikroorganisme lokal,

Abstract: Lokal Microorganism Solution (MOL) is a solution resulting from the fermentation process of various organic materials originating from the environment. MOL solution contains a variety of lokal microorganisms that have the potential to be used as bio activators in fermentation. The purpose of this study was to determine the potency and characteristics of the MOL solution (lokal microorganisms) derived from vegetable waste (green mustard, cabbage, and cauliflower leaves). This study used a completely randomized design (CRD) with 4 treatments and 3 replications so that 12 experimental units are obtained. The treatments included various lengths of fermentation (incubation) of MOL based on vegetable waste, namely: T₁ = 7 days fermentation, T₂ = 14 days fermentation, T₃ = 21 days fermentation, and T₄ = 28 days fermentation. The variables observed were: physical characteristics (color and aroma), biological (total microbes), and chemical characteristics (pH, lactic acid, acetic acid, glucose, temperature). The results showed that the length of fermentation caused a change in the color and aroma of the MOL solution. Fermentation time had a significant effect ($P < 0.05$) on pH, had a very significant effect ($P < 0.01$) on total microbes, temperature, glucose, and had no significant effect ($P > 0.05$) on total lactic acid and acetic acid MOL solution. Conclusion: MOL solution based on vegetable waste has the potential as a bio activator in fermentation. The characteristics of the vegetable waste-based MOL solution were influenced by the length of fermentation. The best MOL was produced on day 14 of fermentation with a microbial population of 2.24×10^6 .

Keywords: Fermentation time, lokal microorganism, vegetable waste

1. Pendahuluan

Limbah sayur merupakan biomasa organik yang cukup berlimpah. Limbah sayur-sayuran terdapat berlimpah di pasar-pasar. Limbah ini jika dibiarkan begitu saja dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena menghasilkan bau tidak sedap, sumber penyakit, dan menghasilkan gas metana. Proses pembusukan dapat terjadi karena penguraian bahan organik yang tidak terkontrol oleh mikroba pembusuk.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan agar limbah ini tidak terbuang begitu saja dan tidak mencemari lingkungan adalah mengolahnya menjadi larutan mikroorganisme lokal (MOL) yang mengandung beragam mikroorganisme. Larutan tersebut bermanfaat dalam membantu proses penguraian (dekomposisi) bahan-bahan organik.

Mikroorganisme lokal adalah larutan hasil fermentasi yang mengandung bakteri, fungi maupun *yeast* yang hidup secara bersama dan saling bersinergis. Mikroorganisme dapat dieksploitasi dari lingkungan sekitar (tumbuhan, hewan, tanah, air, lumpur, dan lainnya)[1] dan [2].

Berbagai jenis bahan organik termasuk limbah sayur dapat dijadikan bahan baku untuk pembuatan MOL. Selain dapat mengurangi jumlah limbah, MOL mengandung mikroorganisme baik, enzim, unsur hara makro, mikro yang bermanfaat bagi produktifitas tanaman dan ternak. MOL berperan sebagai bioaktivator atau dekomposer dalam proses fermentasi bahan pakan, pupuk organik, dan perombakan bahan organik lainnya. Penambahan bioaktivator dapat mempercepat proses fermentasi karena keberadaan mikroorganisme dapat memacu pertumbuhan mikroba menguntungkan dan menekan pertumbuhan mikroba pembusuk. Fermentasi merupakan proses perubahan bahan kimia suatu substrat (bahan organik) melalui aktivitas enzimatik yang dihasilkan oleh mikroorganisme.

Fermentasi merupakan proses perombakan bahan organik melalui aktivitas mikroorganisme dengan mengubah senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa-senyawa sederhana. Produk fermentasi dapat meningkatkan kualitas bahan organik, menambah rasa, aroma, serta meningkatkan nilai pencernaan [3]. Mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang pada suatu bahan dapat menyebabkan berbagai perubahan pada fisik maupun komposisi kimia, seperti adanya perubahan warna, pembentukan endapan, kekeruhan, pembentukan gas, dan bau asam [4].

Bahan baku pembuat MOL terdiri atas 1) substrat organik sebagai sumber mikroba yaitu buah-buahan, sayur-sayuran, isi usus hewan, kotoran hewan, akar tanaman, dedaunan, bonggol pisang, dan lainnya, 2) glukosa sebagai sumber energi mudah

larut yaitu molases, gula merah, gula putih, gula aren, dan air kelapa, 3) karbohidrat sebagai sumber energi yaitu cucian beras, nasi, singkong, dan gandum.

MOL berasal dari bonggol pisang di dalamnya terdapat berbagai jenis mikrobia antara lain *Bacillus* sp., *Aeromonas* sp., dan *Aspergillus niger*[5]. MOL pelepah daun sawit, bungkil inti sawit, dan lumpur sawit terdapat beragam bakteri potensial pendegradasi serat salah satunya *Bacillus* sp [1]. Limbah nanas yaitu limbah buah dan kulitnya sangat potensial dijadikan sebagai bahan baku untuk pembuatan MOL. Nanas (*Ananas comosus* (L.) mengandung bromelin yang dapat melunakkan selulosa sehingga kulit nanas dapat digunakan sebagai EM-organik [6].

Nampak perbedaan sumber bahan organik sebagai substrat (media) dalam pembuatan MOL menghasilkan MOL yang berbeda karakteristik maupun kandungan mikrobanya. Berdasarkan pemaparan di atas penulis tertarik untuk meneliti karakteristik MOL yang dihasilkan dari limbah sayur-sayuran dan diharapkan dapat dijadikan sebagai agen bioaktivator dalam fermentasi bahan organik.

2. Materi dan Metode

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, fermentor (erlenmeyer), gelas ukur, tabung reaksi, pipet, pH meter, spatula, aquades, pipet tetes, plastic, buret, *beaker glass*, alat titrasi, mikroskop, *hemocytometer*, aluminium foil, autoclave.

Bahan yang dipergunakan adalah bahan-bahan untuk pembuatan MOL, antara lain limbah sayur (kol, daun kembang kol, sawi hijau), dedak padi halus, molases, air kelapa, air cucian beras, dan air.

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan meliputi berbagai lama fermentasi (inkubasi) secara anaerob yaitu:

- T₁ = limbah sayur difermentasi 7 hari,
- T₂ = limbah sayur difermentasi 14 hari,
- T₃ = limbah sayur difermentasi 21 hari,
- T₄ = limbah sayur difermentasi 28 hari.

2.3. Prosedur penelitian

1. Menyiapkan semua bahan dan alat yang dibutuhkan.
2. Limbah sayur daun kol, daun kembang kol, sawi (1 : 1 : 1) ditimbang 80 g, dihaluskan menggunakan blender, lalu masukkan ke dalam botol (fermentor) ukuran 500 ml.
3. Dedak ditimbang sebanyak 8 g, dan molasses 28 g, lalu masukkan kedalam fermentor 500 ml.
4. Air kelapa, air cucian beras, dan air (1 : 1 : 1)

dimasukkan ke dalam fermentor sebanyak 284 ml air.

5. Semua bahan diaduk sampai tercampur merata.
6. Menginkubasi sesuai perlakuan yaitu 7, 14, 21 dan 28 hari.
7. Mengamati hasil inkubasi sesuai perlakuan.

2.4. Variabel

Variabel yang diamati adalah aroma, warna, total mikroba, suhu, glukosa, pH, total asam laktat, dan total asam asetat.

2.4.1. Aroma dan warna

Mengklasifikasikan aroma produk fermentasi pada tiga kriteria yaitu non-asam, sedikit asam, dan asam. Warna produk fermentasi diklasifikasikan pada tiga kriteria yaitu coklat tua, coklat, dan coklat muda[7].

2.4.2. pH

Cara menghitung pH dengan menggunakan pHmeter adalah;

1. Mengambil sampel yang mau di ukur kadar pHnya.
2. Menyalakan pH meter dengan menekan tombol on.
3. Memasukan pH meter ke dalam sampel yang akan di uji.
4. Mencelupkan pH ke dalam sampel, skala angka akan bergerak acak.
5. Menunggu hingga angka tersebut berhenti dan tidak berubah-ubah.
6. Hasil pengamatan akan terlihat di display digital.

2.4.3. Total populasi mikroorganisme

Populasi mikroba dihitung dengan menggunakan hemositometer dengan metode:

1. Mengambil 1 ml sampel (larutan MOL) lalu larutkan dengan 9 ml aquades steril di dalam tabung reaksi dan dihomogenkan.
2. Melakukan teknik dilusi (pengenceran) sampai 10^6
3. Memipet 1 tetes larutan ke atas counting chamber dan ditutup dengan kaca penutup.
4. Mengamati dibawah mikroskop dan menghitung total sel mikroba

2.4.4. Total asam

Sampel diambil 10 g dan larutkan dengan air sampai tanda tera 250 ml lalu direndam selama 30 menit. Setelah itu saring (filtrat). Filtrat diambil 10 ml lalu ditetaskan 3 tetes larutan fenolftalein (1% w/v dalam etanol) dan campuran dititrasi dengan NaOH 0,1 M sampai warnanya berubah menjadi merah muda. Keasaman titrasi dihitung dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{Total asam (\%)} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{N.NaOH} \times \text{BM}}{\text{Sampel} \times 1000} \times \text{FP} \times 100\%$$

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik MOL sebagai bioaktivator dalam fermentasi dapat dipengaruhi berbagai faktor seperti substrat yang digunakan serta lama proses fermentasi. Pengamatan karakteristik MOL meliputi aroma, warna, total mikroba, suhu, glukosa, pH, asam laktat, dan asam asetat (**Tabel 1**).

Tabel 1. Karakteristik larutan MOL berbasis limbah sayur pada berbagai lama fermentasi (inkubasi)

No	Variabel	Lama Fermentasi (T)			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	Warna	Coklat muda	Coklat tua	Coklat tua	Coklat tua
2	Aroma	Sedikit asam	Sedikit asam	Asam	Asam
3	Total mikroba (sel/mL)	1,08 x 10 ⁶	2,24 x 10 ⁶	2,03 x 10 ⁶	1,63 x 10 ⁶
4	Total mikroba (Log X, sel/mL)	6,0350 ^C	6,3510 ^A	6,2995 ^{AB}	6,2127 ^B
5	Suhu (°C)	31,33 ^A	31,33 ^A	29,00 ^B	29,00 ^B
6	Glukosa (%)	5,33 ^B	6,00 ^A	6,00 ^A	5,00 ^B
7	pH	6,83 ^A	6,00 ^B	5,50 ^B	5,37 ^B
8	Total asam laktat (%)	2,63	2,10	3,08	2,55
9	Total asam asetat (%)	1,75	1,40	2,05	1,70

Keterangan: Superskrip huruf besar yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata (P<0.01).

3.1. Karakteristik Fisik Larutan MOL

3.1.1. Aroma larutan MOL

Substrat limbah sayur yang difermentasi dengan berbagai lama fermentasi mengalami perubahan aroma. Perubahan aroma setelah 7 hari dan 14 hari menjadi sedikit asam, namun setelah 21 hari aroma menjadi asam. Perubahan aroma terjadi karena aktivitas mikroorganisme menghidrolisis karbohidrat menghasilkan asam-asam organik berupa asam laktat ataupun alkohol. Aroma asam berasal dari produk akhir berupa asam-asam organik tersebut.

Fermentasi bahan-bahan organik dengan bantuan mikroba pengurai, menghasilkan aroma tape yang khas dan mampu merombak karbohidrat menjadi asam laktat sehingga menghasilkan rasa asam yang unik [2]. Nampak semakin lama proses fermentasi berlangsung maka aroma semakin asam. Aroma asam yang dihasilkan dapat berasal dari asam alkohol ataupun asam laktat. Aroma asam seperti asam alkohol atau permen menunjukkan proses fermentasi berjalan dengan baik [8]. Fermentasi yang baik memiliki aroma asam segar karena mengandung asam laktat [9].

3.1.2. Warna larutan MOL

Limbah sayur sebagai penyusun substrat dalam pembuatan larutan mikroorganisme lokal mengandung berbagai senyawa komplit seperti karbohidrat, protein, vitamin, mineral, dan air. Senyawa komplit dipecah menjadi sederhana dengan adanya aktivitas mikroorganisme. Hasil hidrolisis karbohidrat berupa glukosa, asam organik, dan ATP (energi).

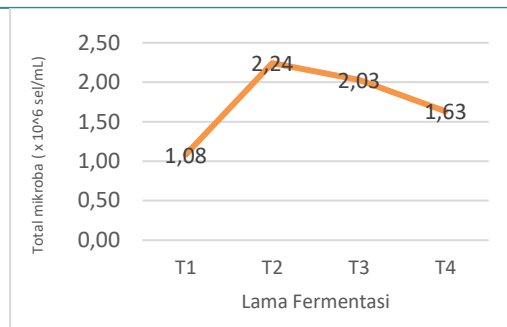
Hasil fermentasi limbah sayur menunjukkan terjadinya perubahan warna larutan MOL dari warna coklat muda sampai ke coklat tua. Semakin lama proses fermentasi berlangsung akan terjadi perubahan warna semakin tua (gelap). Hal ini terjadi karena proses pencoklatan secara enzimatis. Proses fermentasi menyebabkan terurainya karbohidrat dan menghasilkan gula sederhana, asam-asam organik, karbondioksida, air (uap air), dan energi (panas). Panas yang dihasilkan menyebabkan terjadinya proses pencoklatan dari sel tumbuhan (bahan organik) yang ada sehingga menyebabkan perubahan dari warna media yang difermentasi [10].

Pada 7 hari fermentasi (T₁) dihasilkan warna larutan MOL coklat muda namun semakin bertambah waktu fermentasi maka warna larutan MOL semakin coklat tua (14, 21, dan 28 hari). Hal ini terjadi karena proses respirasi dari sel-sel jaringan substrat (media limbah sayur) dalam larutan MOL. Pada awal fermentasi, proses aerob berlangsung cepat maka dengan sendirinya perombakan karbohidrat menjadi gula dapat ditekan sehingga oksidasi gula menjadi CO₂ dan airpun menjadi sedikit. Kondisi ini dapat menekan peningkatan temperatur yang mengakibatkan perubahan warna larutan MOL tidak berbeda jauh dengan warna sebelumnya. Namun, semakin lama waktu fermentasi (14, 21, dan 28 hari) kondisi semakin anaerob. Hal ini mempercepat terjadinya hidrolisis karbohidrat dan menghasilkan produk berupa glukosa, asam organik, CO₂, dan ATP (energi). Energi panas yang dihasilkan dapat meningkatkan temperatur substrat MOL. Temperatur yang tidak terkendali akan menyebabkan larutan MOL berubah menjadi semakin tua (gelap).

3.2. Karakteristik Biologis dan Kimiawi Larutan MOL

3.2.1. Total mikroba larutan MOL

Nampak pada **Tabel 1** dan **Gambar 1**, lama fermentasi memengaruhi total mikroba (populasi mikroba) yang terdapat pada substrat organik berbasis limbah sayur. Total mikroba larutan MOL yang difermentasi sampai 28 hari berkisar $1,08 \times 10^6$ sampai $2,24 \times 10^6$.



Gambar 1. Perubahan total mikroba larutan MOL selama fermentasi

Hasil analisis statistik menunjukkan fermentasi substrat organik berbasis limbah sayur sampai 28 hari berpengaruh sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap total populasi mikroba.

Pada awal fermentasi (7 hari fermentasi) populasi mikroba baru mencapai $1,08 \times 10^6$. Populasi mikroba ini lebih rendah dibanding perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan karena mikroba baru memasuki fase adaptasi (lag fase). Pada fase lag, peningkatan jumlah 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.

Panjang atau pendeknya fase adaptasi sangat ditentukan oleh jumlah sel yang diinokulasikan, kondisi fisiologis, dan morfologis yang sesuai serta populasi mikroba yang dibutuhkan [11].

Hasil penelitian menunjukkan pada 14 hari fermentasi total populasi mikroba tertinggi dibandingkan dengan fermentasi 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Populasi mikroba meningkat menggambarkan bahwa aktivitas enzim yang dihasilkan mikroba terus meningkat untuk menghidrolisis senyawa komplit menjadi sederhana. Produk hasil fermentasi dimanfaatkan mikroba untuk pertumbuhan dan perkembangannya.

Total populasi mikroba menurun pada fermentasi 21 hari. Ini terjadi karena aktivitas yang mulai menurun disebabkan sumber nutrisi (karbohidrat) untuk dihidrolisis sudah berkurang. Mikroba memasuki fase stasioner yaitu jumlah yang hidup sama dengan jumlah yang mati.

Pada 28 hari fermentasi populasi mikroba terus menurun. Kandungan nutrisi media (substrat) mulai berkurang. Kondisi nutrisi yang kritis dapat menyebabkan mikroba banyak yang mati (memasuki fase kematian). Beberapa Bakteri Asam Laktat (BAL) mampu bertahan hidup pada pH rendah dengan kondisi dorman dan dapat aktif kembali jika ditambahkan nutrisi pada media cair (larutan MOL) seperti penambahan gula mudah larut (molases, gula merah atau gula putih). Penurunan populasi mikroba

juga dapat terjadi karena akumulasi produk metabolit yang menghambat pertumbuhan dan nutrisi penting dalam medium habis. Semakin lama fermentasi maka semakin meningkat akumulasi metabolisme sekunder, semakin berkurang ketersediaan nutrisi sehingga viabilitas (ketahanan hidup mikroba) dan pertumbuhan mikroba semakin menurun.

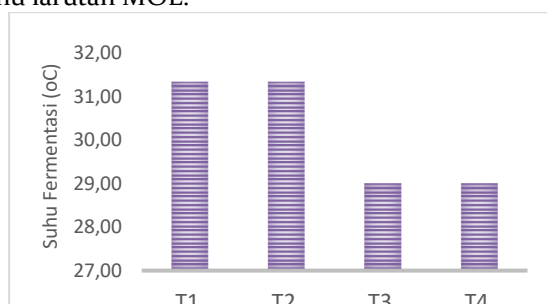
Pertumbuhan dan kelangsungan hidup organisme berkurang karena adanya suplai makanan/nutrisi yang membatasi. Di bawah kondisi makanan yang terbatas maka jumlah mikroorganisme dapat menurun dengan cepat, selain itu penurunan pertumbuhan disebabkan karena mikroba menjadi mati lebih cepat dari pada terbentuknya sel-sel baru [12].

Jika pada suatu media terdapat beberapa macam mikroba termasuk bakteri, maka akan terjadi interaksi atau saling memengaruhi antara mikroba satu dengan mikroba lainnya [13]. Interaksi diantara populasi mikroba dapat bersifat positif artinya mendorong pertumbuhan pada satu atau dua populasi, dapat juga bersifat negatif yang dapat merugikan salah satu populasi, dan dapat bersifat netral yang berarti kehadiran suatu bakteri dalam suatu media tidak berpengaruh terhadap mikroba lainnya [12].

Kompetisi merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan jumlah suatu organisme. Jadi kombinasi atau campuran mikroba dalam suatu media akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan ketahanan hidup (viabilitas) mikroba [12]

3.2.2. Suhu Larutan MOL

Tabel 1 dan **Gambar 2** menunjukkan suhu larutan hasil fermentasi limbah organik sayur berkisar 29-31,3°C. Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa fermentasi sampai 28 hari memberi pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap suhu larutan MOL.



Gambar 2. Perubahan suhu larutan MOL selama fermentasi

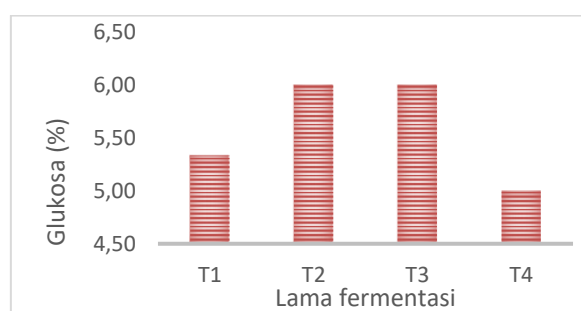
Pada awal fermentasi terjadi peningkatan suhu karena pada awal fermentasi proses respirasi aerobik berlangsung selama persediaan oksigen masih ada, sampai gula dalam media (sumber carbon) habis. Gula akan teroksidasi menjadi CO₂, air, dan panas.

Panas yang dihasilkan pada proses ini yang menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur.

Pada hari ke-21 aktivitas mikroba menghidrolisis karbohidrat menjadi glukosa mulai berkurang seiring dengan semakin berkurangnya ketersediaan nutrisi yang ada (karbohidrat) sehingga proses glikolisis glukosa menghasilkan piruvat serta CO₂, air, dan panas menurun. Hal inilah yang menyebabkan suhu larutan MOL menurun pada perlakuan 21 dan 28 hari. suhu merupakan salah satu faktor yang memengaruhi fermentasi selain pH, oksigen, mikroba, dan substrat [14].

3.2.3. Glukosa larutan MOL

Tabel 1 dan **Gambar 3** menunjukkan kandungan gula larutan MOL berfluktuasi yaitu berkisar 5 - 6 %. Perlakuan lama fermentasi limbah sayur berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap kandungan glukosa dalam larutan MOL. Fermentasi 7 hari berbeda sangat nyata dengan 14 dan 21 hari, namun tidak berbeda nyata dengan 28 hari.



Gambar 3. Perubahan kadar glukosa larutan MOL selama fermentasi

Pada 7 hari fermentasi (T₁) kadar glukosa larutan MOL rendah. Hal ini disebabkan aktivitas enzim yang dihasilkan mikroba untuk menghidrolisis zat-zat nutrisi seperti karbohidrat menjadi glukosa masih rendah. Mikroba pada awal fermentasi baru memasuki fase adaptasi sehingga populasi mikroba rendah dan produksi enzim yang rendah berkorelasi positif terhadap aktivitas menghidrolisis senyawa komplis menjadi sederhana.

Pada 14 hari fermentasi (T₂) dan 21 hari fermentasi (T₃) terjadi peningkatan kadar glukosa dalam larutan MOL. Ini mengindikasikan terjadinya peningkatan proses hidrolisis karbohidrat. Populasi mikroba yang tinggi diikuti produksi dan aktivitas enzim yang dihasilkan menyebabkan produksi glukosa tinggi. Namun pada fermentasi 21 hari terjadi penurunan kandungan glukosa dalam larutan MOL. Hal ini terjadi karena ketersediaan karbohidrat untuk dihidrolisis sudah berkurang sehingga menyebabkan penurunan kadar glukosa dalam larutan MOL.

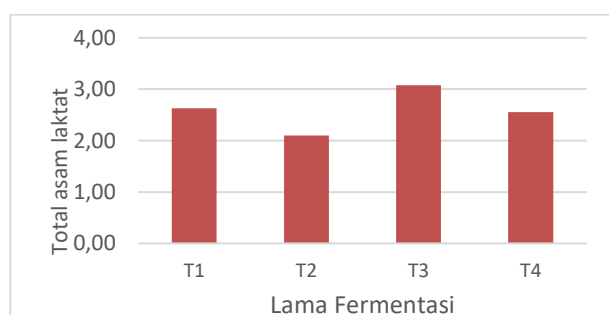
3.2.4. pH Larutan MOL

Tabel 1 menunjukkan fermentasi substrat organik berasal dari limbah sayur berkisar 5,37-6,83. Nampak semakin lama fermentasi berlangsung pH substrat larutan MOL semakin turun. Penurunan pH terjadi karena aktivitas mikroba menghidrolisis karbohidrat dan menghasilkan asam-asam organik. Semakin tinggi aktivitas 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.

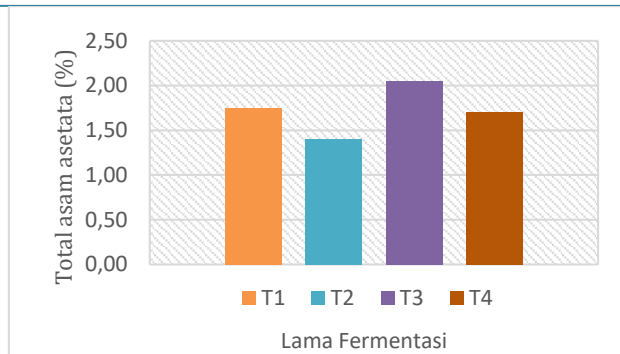
Nilai pH terendah dicapai pada 21 hari fermentasi. Hal ini dimungkinkan karena aktivitas mikroba optimum dalam menghidrolisis karbohidrat sehingga terjadi peningkatan produksi asam organik. Namun pada 28 hari fermentasi terjadi peningkatan pH. Hal ini mengindikasikan karbohidrat yang akan dihidrolisis mikroba semakin berkurang sehingga aktivitasnya pun menurun dan ini ditunjukkan dengan produksi asam organik yang berkurang. Walaupun demikian, secara statistik perlakuan berbagai lama fermentasi (inkubasi) tidak memberi pengaruh yang nyata terhadap nilai pH fermentasi.

3.2.5. Total Asam Laktat dan Asam Asetat Larutan MOL

Total asam laktat dan asam asetat larutan MOL dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**. Proses fermentasi secara anaerob memacu pertumbuhan kelompok BAL. BAL dibedakan 2 kelompok berdasarkan hasil fermentasinya yaitu 1) bakteri homofermentatif yang menghasilkan asam laktat sebagai produk utamanya dan 2) bakteri heterofermentatif yang menghasilkan di samping asam laktat juga senyawa-senyawa lain seperti asam asetat, etanol, dan CO₂.



Gambar 4. Total asam laktat selama fermentasi



Gambar 5. Total asam asetat selama fermentasi

Nampak pada larutan MOL, mikroba BAL mampu memproduksi asam laktat dan juga asam asetat. Hal ini mengindikasikan bahwa fermentasi anaerob ini mampu memacu pertumbuhan BAL dari kelompok heterofermentatif (**Tabel 1**).

Fermentasi substrat organik berbasis limbah sayur pada berbagai lama fermentasi (inkubasi) menghasilkan asam laktat berkisar 2,10-3,08% dan asam asetat 1,40-2,05%. Nampak hasil fermentasi asam laktat dan asetat berfluktuasi dari fermentasi 7 hari sampai 28 hari.

Pada fermentasi 7 hari (T₁) inkubasi menunjukkan total asam laktat dan asam asetat tinggi. Hal ini mengindikasikan aktivitas mikroba tinggi untuk menghidrolisis karbohidrat menjadi asam-asam organik, namun setelah itu aktivitasnya turun. Aktivitas mikroba naik kembali pada hari ke 21 fermentasi dan setelah itu terjadi penurunan. Penurunan aktivitas mikroba secara tidak langsung akan menurunkan produk berupa asam-asam organik tersebut. Penurunan dapat terjadi karena semakin berkurangnya kandungan zat-zat nutrisi dalam substrat terutama karbohidrat. Namun, secara statistik fermentasi sampai 28 hari tidak memberi pengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap total asam laktat dan total asam asetat.

4. Kesimpulan

Karakteristik larutan MOL berbasis limbah sayur secara fisik, kimiawi, dan biologis dipengaruhi oleh lama fermentasi. Semakin lama fermentasi maka total mikroba, glukosa, asam laktat, dan asam asetat semakin meningkat sampai titik tertentu mengalami penurunan. Suhu dan pH mengalami penurunan seiring dengan peningkatan aktivitas mikroba dalam proses degradasi bahan organik. Lama fermentasi memengaruhi warna dan aroma larutan MOL. Produksi Larutan MOL berbasis limbah sayur terbaik sebagai bioaktivator dihasilkan pada 14 hari fermentasi dengan populasi mikroba tertinggi $2,24 \times 10^6$.

Referensi

- [1] Yunilas, L. Warli, Y. Marlida, and I. Riyanto,

- "Potency of indigenous bacteria from oil palm waste in degrades lignocellulose as a sources of inoculum fermented to high fibre feed," *Pakistan J. Nutr.*, vol. 12, no. 9, pp. 851-853, 2013, doi: 10.3923/pjn.2013.851.853.
- [2] Y. Yunilas, L. Warly, Y. Marlida, and I. Riyanto, "Evaluation of Fiber Content Based on Palm Plantation which Has Fermentation with Probiotic MOIYL," *Variabel*, vol. 1, no. 1, p. 18, 2018, doi: 10.26737/var.viii.513.
- [3] S. Simanjuntak, Yunilas, and M. Tafsir, "Fermentasi hasil sampling industri dan perkebunan kelapa sawit dengan probiotik lokal terhadap performans domba," *J. Peternak. Intergratif*, vol. 4, no. 1, pp. 83-95, 2015.
- [4] N. hidayat, *Mikrobiologi industri*. Yogyakarta: Andi Offset, 2006.
- [5] A. Suhastyo, A. Iswandi, A. S. Dwi, and L. Yulin, "Studi mikrobiologi dan sifat kimia mikroorganisme lokal (MOL) yang digunakan pada budidaya padi metode SRI (System of Rice Intensification)," *Sainteks*, vol. 10, no. 2, 2013.
- [6] E. Sulistiono, "Buah Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) sebagai Sebagai Em-Organik Untuk Meningkatkan Produktifitas Tambak," *J. Enviscience*, vol. 1, no. 1, p. 4, 2017, doi: 10.30736/jev.viii.89.
- [7] M. Ellhiney, *Feedmanufacturing Industry*, 4th Ed. American Feed Industry Association Inc. Arlington, 1994.
- [8] A. Mujahid, Amin, Hariyadi, and M. R. Fahmi, "Biokonversi tandan kosong kelapa sawit menggunakan *Trichoderma* Sp dan Larva Black Soldier fly menjadi bahan pakan unggas .," *Ilmu Produksi dan Teknol. Has. Peternak.*, 2017.
- [9] M. Lamid, Ismudiono, S. Koesnoto, S. Chusniati, N. Hidayatik, and E. V. F. Vina, "Karakteristik silase pucuk tebu (*Saccharum officinarum* , Linn)," *Agroveteriner*, vol. 1, no. 1, pp. 5-10, 2012.
- [10] Y. Yunilas, N. Ginting, T. H. Wahyuni, M. Zahoor, N. Fati, and A. Wahyudi, "Effect of Various Doses of Local Microorganism Additives on Silage Physical Quality of Corn (*Zea mays* L.) Waste," *Sarhad J. Agric.*, 2021, doi: 10.17582/journal.sja/2022.37.s1.197.206.
- [11] S. Fardiaz, *Mikrobiologi Pangan*. Pangan dan Gizi IPB, Bogor: PAU. 1992.
- [12] N. W. Marsiningsih, A. A. N. G. Suwastika, and N. W. S. Sutari. Analisis Kualitas Larutan Mol (Mikroorganisme Lokal) Berbasis Ampas Tahu. *E-Jurnal Agroekoteknolog*, vol. 4, no. 3, pp. 180-190, 2015, [Online]. Available: <http://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>
- [13] L. Waluyo, *Mikrobiologi Umum*. Malang: Universitas Muhamadiyah, 2004.
- [14] U. Kunaepah, "Pengaruh lama fermentasi dan konsentrasi glukosa terhadap aktivitas antibakteri, polifenol total dan mutu kimia kefir susu kacang merah," *Univ. Diponegoro*, pp. 1-90, 2008.