

Production of Effective Microorganisms (Em) From Organic Waste from Traditional Markets in Tambelang District as Biocatalysts

Produksi Effective Microorganisms (Em) Dari Limbah Organik Pasar Tradisional Kecamatan Tambelang Sebagai Biokatalis

*Novi Laura Indrayani¹, Riri Sadiana²

^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam "45" Bekasi
Jl. Cut Meutia No. 83 Bekasi

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 16 Maret 2021

DIREVISI : 14 April 2021

DISETUJUI : 15 Juni 2021

*KORESPONDENSI PENULIS :

novi_laura@unismabekasi.ac.id

Abstract

Municipal solid waste largely consists of market waste which has become a critical problem for city environment. Indiscriminate dumping of waste around city poses environmental hazards causing ecological imbalances with respect to land, water and air pollution. This waste in the form of vegetable left over, rotten vegetables can be successfully being converted into effective micro-organism i.e. In the present work, the influence of hydraulic retention time on dark fermentation metabolism was evaluated through the operation and analysis of a series of three tank reactors ranging from 7 day to 21 day. In depth analysis of microbial communities showed growth increases up to $8,0 \times 10^8$ cpu/ml.

Keywords: waste organic, effective microorganism-4, fermentation process.

Abstrak

Limbah organik merupakan salah satu jenis limbah yang potensial menimbulkan masalah lingkungan seandainya tidak dikelola dengan baik. Karbohidrat dan asam laktat bernilai tinggi justru masih dapat ditemukan dalam kandungan limbah organik. Pada penelitian ini jenis limbah yang akan dijadikan bahan baku *effective microorganism-4* (EM-4) adalah limbah sayuran, limbah buah nenas dan limbah buah pisang. Limbah buah nenas, limbah buah pisang, dan limbah sayuran hijau disiapkan sebagai bahan baku. Limbah yang sebelumnya telah dihaluskan dicampurkan dengan air kelapa, air gula, dan ragi sebagai sumber energi mikroorganisme. Proses fermentasi ini dilakukan didalam inokulum dengan suhu kamar selama kurang lebih 7 hari hingga membentuk sporadis dalam media cair. Kemudian semua limbah digabung menjadi satu campuran dan ditambahkan kembali air kelapa, air gula, dan ragi dengan melakukan proses fermentasi kembali selama 7 hari kembali. Perlakuan ini dilakukan setiap minggu sebanyak 4 kali. Pada hasil fermentasi didapatkan jumlah populasi bakteri sebesar $8,0 \times 10^8$ cpu/ml.

Kata kunci: Limbah organik, *effective microorganism-4* (EM-4), proses fermentasi.

I. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan sebagian besar disebabkan oleh limbah organik yang tidak terurai dengan baik, sehingga menimbulkan masalah-masalah lingkungan seperti bau, gas beracun, hama, dan penyakit. Menanggulangi masalah tersebut dibutuhkan biaya yang tidak sedikit, termasuk didalamnya biaya pengolahan, transportasi, tenaga kerja, sarana dan prasarana. Teknologi dan konsultan serta biaya-

biaya lainnya, yang cukup membuat pusing kepala pihak pengelola sampah. Berdasarkan pengamatan terlihat bahwa semakin besar atau semakin padat penduduk suatu penduduk suatu daerah, maka akan semakin parah juga pencemaran akibat limbah organik yang harus ditanggulangi oleh daerah tersebut.

Limbah organik banyak ditemukan di pasar tradisional, dimana setiap harinya beribu-ribu ton bahan organik berupa bahan pangan yang belum diolah ataupun yang sudah diolah menumpuk. Proses pembusukan bahan organik berlangsung

selama 2-3 bulan. Proses pembusukan tersebut dapat berlangsung perlahan-lahan (lebih lambat) dan kontinyu akibat penambahan bahan organik secara terus menerus pada suatu lahan dan tidak berperannya mikroorganisme fermentasi. Oleh karena itulah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dapat mengeluarkan gas busuk secara terus menerus dalam radius lebih dari 5 km.

Penanggulangan limbah jelas memerlukan konsep pemikiran yang lebih serius disamping juga tenaga dan uang yang harus dikeluarkan untuk pengolahan limbah organik. Penyelesaian masalah ini biasanya hanya mengumpulkan limbah organik dan menjadikannya pupuk, bahkan banyak juga yang dibakar percuma untuk memudahkan pengolahan limbah. Jika limbah organik diproses secara fermentasi hasilnya lebih baik dan tidak merusak lingkungan justru secara tidak langsung memproduksi EM dengan mudah.

Effective Microorganisms-4 (EM-4) merupakan bakteri fermentasi bahan organik tanah, terbuat dari hasil seleksi alami mikroorganisme fermentasi dan sintetik di dalam tanah yang dikemas dalam medium cair [1]. Harga EM-4 komersial cukup mahal dikarenakan terbuat dari bahan sintetik. Padahal jika ingin memanfaatkan limbah organik yang banyak mengandung bakteri untuk dijadikan EM sangatlah mungkin. Namun, belum banyaknya penelitian terkait ini masih membuat minim info terkait pembuatan EM yang setara EM-4. Oleh karena itu, penelitian akan memfokuskan pada *Daur Ulang Limbah Organik*, karena lebih dari 70% sampah yang dihasilkan oleh masyarakat umumnya adalah limbah organik.

II. METODE PENELITIAN

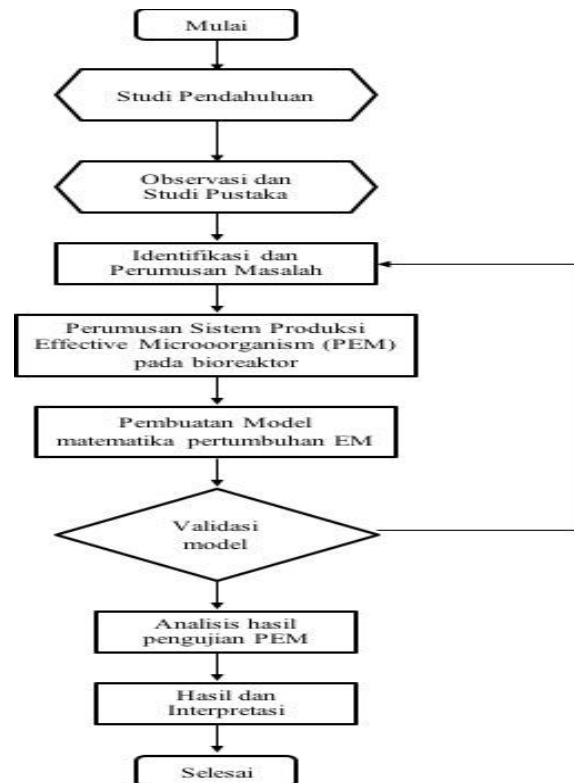
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: limbah organik sebagai bahan utama, ragi tempe sebagai katalis, air kelapa, air cucian beras dan air gula sebagai sumber energi, dan bahan pendukung lainnya seperti aquades dan plastik.

1. Limbah organik, diambil dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Pasar Tradisional Kecamatan Tambelang, Kabupaten Bekasi. Limbah yang digunakan adalah limbah buah nanas, limbah kulit pisang, dan limbah sayur-sayuran hijau.
2. Ragi tempe, dipergunakan karena mengandung kapang *Rhizopus*; seperti *Rhizopus oligosporus*, *Rh. oryzae*, *Rh. stolonifer* (kapang roti), atau *Rh. arrhizus*. sebagai katalis agar pertumbuhan mikroba dari limbah organik tumbuh lebih cepat. Ragi tempe dipergunakan pada proses *pretreatment* dan proses fermentasi tahap ke dua.
3. Air kelapa, air cucian beras, dan air gula dipergunakan sebagai sumber energi yang memenuhi kebutuhan mineral dan nutrisi yang diperlukan mikroba.
4. Aquades, dipergunakan untuk membersihkan limbah organik sebelum dipersiapkan sebagai bahan utama dalam penelitian.
5. Plastik, dipergunakan pada rangkaian alat penelitian untuk menghindari adanya kebocoran pada wadah inokulasi agar kondisi anaerobik pada bioreaktor tetap terjaga.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini mencakup beberapa langkah yang termuat pada Gambar 1. berikut:

1. Studi pendahuluan, terus dilakukan sejak 3 bulan terakhir terkait dengan identifikasi limbah buah dan sayuran di Pasar Tradisional Kecamatan Tambelang Kabupaten Bekasi. Studi pendahuluan ini meliputi pencatatan metode dan variabel yang mempengaruhi.



Gambar 1. Tahap-tahap analisis EM

2. Observasi dan studi pustaka. Dalam tahapan ini akan dilakukan persiapan penunjang guna membantu jalannya suatu penelitian. Adapun kegiatannya antara lain:
 - a. Observasi
Observasi merupakan tahapan penelitian yang dilakukan dengan cara mengamati obyek penelitian yaitu proses fermentasi limbah organik menjadi *effective microorganism* (EM).
 - b. Studi Pustaka
Studi Pustaka merupakan tahapan penelitian yang dilakukan dengan cara mencari referensi atau literature baik dari buku, jurnal dan internet yang

berhubungan dengan proses fermentasi limbah organik menjadi EM.

3. Identifikasi dan perumusan masalah. Tahap selanjutnya setelah mendapatkan data dari objek dan dilengkapi dengan teori-teori dari studi pustaka adalah mengidentifikasi variabel dominan dan merumuskan permasalahan yang akan dikembangkan.
4. Perumusan model matematika pertumbuhan EM dari limbah. Permasalahan yang telah dirumuskan serta dikembangkan selanjutnya akan dibuat kedalam rumusan simbol untuk keperluan model matematika sesuai dengan analisa dan desain atau perancangan yang akan ditampilkan.
5. Validasi model. Pengujian ini dilakukan oleh peneliti ditujukan untuk mengetahui bahwa sistem yang dikembangkan sudah berjalan sesuai dengan algoritma dan model yang dibuat. Pengujian ini akan dilihat hasil *output* dan desain apakah sudah sesuai dengan yang fakta atau belum. Bila hasil telah berjalan dan sesuai dengan harapan, maka sistem dapat dinyatakan diterima.
6. Analisis hasil pengujian. Analisis ini meliputi hasil pertumbuhan populasi mikroorganisme yang terbentuk di dalam EM buatan.
7. Hasil dan interpretasi. Bagian ini merupakan tahapan akhir dari penelitian ini, dimana dari hasil pengukuran dapat menumbuhkan mikroba menjadi EM yang siap untuk diaplikasikan.

III. HASIL PEMBAHASAN

Pada umumnya pertumbuhan suatu makhluk hidup adalah proses penambahan ukuran tubuh sejak lahir hingga dewasa, dan siklus hidupnya akan berakhir pada kematian. Istilah pertumbuhan untuk mikroba berbeda dengan uraian tersebut. Pemahaman mengenai pertumbuhan mikroorganisme secara sederhana adalah peningkatan ukuran populasi dan massa populasi. Peningkatan jumlah populasi ini terkait pada jumlah sel maupun massa sel, sebagai akibat dari pembelahan sel [2]. Hal ini dikarenakan bakteri berkembang dengan cara pembelahan biner (*binary fission*), penggandaan jumlah sel. Usaha untuk meningkatkan jumlah populasi ini antara lain:

Proses Perlakuan Awal (Pretreatment)

Pada tahap ini limbah organik pasar Kec. Tambelang diklasifikasikan menjadi tiga yaitu limbah sayur bayam, limbah buah nenas dan pisang, hal ini dikarenakan limbah ini merupakan limbah yang banyak ditemukan. *Pretreatment* yang dilakukan yaitu *pretreatment* fisik dan kimiawi. Pada *pretreatment* fisik, limbah terlebih dahulu dicuci bersih, setelah itu diblender, dan disaring menggunakan mesh

berukuran 40. Hal ini dilakukan dengan tujuan didapatkan ukuran yang homogen dan memperbesar luas permukaan substrat. Ukuran bahan baku akan mempengaruhi porositas, sehingga dapat memaksimalkan kontak antara bahan baku dengan enzim. Semakin kecil ukuran substrat, maka akan mempermudah terdegradasinya lignin sehingga selulosa dan hemiselulosa akan terhidrolisis secara optimal.

Proses *pretreatment* yang selanjutnya yaitu *pretreatment* kimia dengan menggunakan nutrisi dari air kelapa, air cucian beras, larutan gula dan ragi. Masing-masing nutrisi berfungsi sebagai sumber energi dan pengelola substrat yang ada disekitarnya. Sebagaimana diketahui peran utama nutrisi adalah sebagai sumber energi, bahan pembangun sel, dan sebagai akseptor elektron dalam reaksi bioenergetik (reaksi yang menghasilkan energi). Oleh karenanya bahan makanan yang diperlukan terdiri dari air, sumber energi, sumber karbon, sumber akseptor elektron, sumber mineral, faktor pertumbuhan, dan nitrogen. Selain itu, secara umum nutrisi dalam media pembenihan harus mengandung seluruh elemen yang penting untuk sintesis biologis organisme baru [2][3][4].

Pemilihan air kelapa, air cucian beras dan larutan gula sebagai nutrisi dikarenakan pertumbuhan mikroorganisme hanya bisa mengambil nutrisi yang terlarut dalam air. Pada dasarnya larutan biak harus mengandung semua unsur yang ikut serta pada pembentukan bahan sel dalam bentuk berbagai senyawa yang dapat diolah. Hasil akhir proses *pretreatment* yaitu didapatkan ekstrak limbah sayur sebesar 810g dari berat awal 1000g; buah nenas 405g dari berat awal 950g; buah pisang 475g dari berat awal 1200g. Ekstrak limbah sayur didiamkan selama 1 minggu untuk melihat pertumbuhan *Effective Microorganism-1* (EM-1) dengan kondisi pH mula-mula pH sayur 5,8; pH nenas 4,9; dan pH pisang 5,4.

Proses Pembuatan Starter EM-4

Starter merupakan biakan mikroba tertentu yang ditumbuhkan di dalam substrat atau medium untuk tujuan proses tertentu. Kurva pertumbuhan memberikan gambaran mengenai faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan suatu mikroba misalnya substrat, suhu lingkungan, aktivitas air, pH, dan nutrisi. Pada tahap ini mulai pembuatan starter EM-4. Limbah sayur, limbah buah pisang, dan limbah buah nenas yang telah didiamkan selama 1 minggu dilanjutkan untuk persiapan pertumbuhan *Effective Microorganism-2* (EM-2) [1][3].

Pada proses pertumbuhan EM-2 limbah sayur, limbah buah pisang, dan limbah buah nenas disatukan dalam satu wadah. Nutrisi yang digunakan pada tahap ke 2 ini sama halnya dengan pertumbuhan EM-1 yaitu air kelapa, air cucian beras, larutan gula dan ragi. Nutrisi-nutrisi ini adalah bahan kimia yang digunakan oleh organisme untuk biosintesis dan

menghasilkan energi. Bakteri mendapatkan semua unsur dari lingkungan untuk proses pertumbuhan, terlihat pada perubahan pH mula-mula menjadi 3,7.

Faktor pertumbuhan dalam hal ini pH merefleksikan kemampuan sintesis mikroba dan merefleksikan lingkungan tumbuhnya mikroba[5][6]. Jika mikroba tumbuh di lingkungan yang kaya akan faktor pertumbuhan, maka mikroba kehilangan kemampuan mensintesis faktor pertumbuhan. Selanjutnya proses EM-2 akan dilanjutkan menjadi pertumbuhan *Effective Microorganism-3* (EM-3). Penampakan EM-3 setelah 1 minggu didiamkan, mulai munculnya jamur putih dibagian atas dan gelembung gas di bagian bawah. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat sumber kehidupan pada substrat. Substrat EM-3 pada tahap ini pH tidak terlalu jauh berbeda dengan EM-2. Selanjutnya substrat EM-3 disaring dan kembali didiamkan sebagai tahap akhir pembentukan starter. Pada tahap pembuatan EM-4 substrat tidak ditambahkan apapun, hanya didiamkan saja selama 1 minggu. Hasil akhir pembuatan EM-4, sama halnya dengan EM-3 terlihat terbentuk jamur putih namun lebih banyak. Pada tahap ini starter EM-4 telah selesai [7].

Pengaruh Lama Fermentasi

Gula merupakan faktor penting bagi sel bakteri sebagai sumber energi untuk metabolisme yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap konsentrasi etanol yang dihasilkan. Namun, besarnya konsentrasi etanol yang didapatkan dari proses fermentasi tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan konsentrasi gula reduksi saja, karena ada banyak faktor yang mempengaruhi seperti konsentrasi inokulum, lama fermentasi, suhu, pH dan nutrisi [3][4][5].

Penelitian ini hanya melihat pada satu variabel yaitu lama waktu fermentasi (7, 14, 21, dan 28 hari). Parameter yang diamati yaitu populasi jumlah pertumbuhan sel mikroorganisme. Pengukuran jumlah sel dilakukan di IPBCC IPB dengan cara mengukur absorbansi larutan medium selama 24 jam dengan interval setiap 1 jam sekali dan 3 kali pengulangan. Upaya pencegahan kontaminasi dalam pengambilan data, setiap pengukuran absorbansi dilakukan dengan mengambil data dari medium pada tabung yang berbeda. Setiap mikroorganisme memiliki bentuk kurva pertumbuhan yang spesifik. Pada kurva pertumbuhan tersebut, fase lambat atau lag phase ini terjadi pada jam ke-0 sampai jam ke-3. Pada fase ini bakteri melakukan metabolisme dalam mempersiapkan dan menyesuaikan diri dengan kondisi pertumbuhan di lingkungan yang baru sehingga tidak ada penambahan jumlah sel yang signifikan. Pertambahan sel mulai terlihat dan terus menanjak pada jam ke-3 sampai jam ke-19. Fase ini juga disebut dengan fase eksponensial yaitu fase perbanyak jumlah sel, aktivitas sel meningkat, dan

merupakan fase yang penting dalam pertumbuhan *effective microorganism*[2][7][8].

Setelah terjadi penambahan sel, aktivitas sel akan meningkat pula, pada umumnya akan cenderung stagnan, disebut fase stasioner yaitu pada jam ke-19 sampai ke-24. Pada fase ini nutrisi yang tersedia makin lama makin habis atau terjadi penimbunan zat racun sebagai bahan akhir metabolisme. Akibatnya kecepatan pertumbuhan menurun dan pertumbuhan akhirnya terhenti. Pertumbuhan bakteri berlangsung dengan mengkonsumsi nutrisi sekaligus mengeluarkan produk-produk metabolisme yang terbentuk, maka setelah waktu tertentu laju pertumbuhannya akan menurun dan akhirnya akan terhenti sama sekali yang disebut dengan fase kematian (death phase). Namun, pada penelitian ini tidak ditemukan death phase karena pada jam ke-24 kurva tetap menunjukkan grafik yang stagnan [8].

Berdasarkan percobaan tersebut didapatkan data pertumbuhan mikroorganisme seperti pada Tabel 1. Pada tabel terlihat pertumbuhan mikroorganisme setiap minggunya.

Tabel 1. Pertumbuhan Mikroorganisme

No.	Waktu (Hari)	Kode	Populasi EM (cfu/ml)
1.	7	EM-1 Sayur	3.0×10^9
2.	7	EM-1 Buah Nanas	1.0×10^6
3.	7	EM-1 Buah Pisang	3.0×10^6
4.	14	EM-2	3.0×10^7
5.	21	EM-3	3.0×10^6
6.	28	EM-4	8.0×10^8

Mikroorganisme terus berkembang dan tumbuh dengan cara pembelahan biner (*binary fission*), hal ini dikarenakan adanya karbon, energi dan elektron-elektron sebagai aktivitas metabolismenya. Bakteri diklasifikasikan berdasarkan metode yang digunakan untuk memperoleh tiga senyawa utama tersebut. Mikroorganisme memperoleh energi dari bahan-bahan kimia dalam hal ini nutrisi, sedangkan elektron dan karbon dari senyawa-senyawa organik yang tersedia yaitu sel-sel dari masing-masing jenis limbah yang hidup pada awal minggu yaitu EM-1 sebelum dicampur.

Namun, pada EM-2 setelah semua limbah dicampurkan didapatkan penurunan jumlah populasi mikroorganisme. Pada tahap ini mikroorganisme pada limbah sayur, buah nanas dan buah pisang saling bersaing untuk hidup dengan jumlah nutrisi yang sama, yang menjadikan mikroorganisme lebih kuat akan membunuh yang lemah untuk bertahan hidup. Pada EM-3 dan EM-4 jumlah populasi mikroorganisme kembali bertambah. Pada penelitian ini belum dapat dipastikan mikroba jenis apa

yang mendominasi di EM-4, perlu adanya lagi penelitian lanjutan.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembuatan *effective microorganism* dari limbah organik pasar tradisional Kecamatan Tambelang diklasifikasikan menjadi 3 yaitu limbah sayur, limbah buah nanas dan limbah buah pisang. Pengaruh lamanya waktu fermentasi terhadap peningkatan hasil *effective microorganism* menunjukkan bahwa jumlah populasi mikroorganism meningkat dengan hasil akhir 8.0×10^8 cfu/ml. Rancangan sistem inokulasi limbah organik sampai membentuk *effective microorganism* yang terbaik adalah dalam bentuk *batch*.

REFERENSI

- [1] Fan, Yee. Van., Chew, T. Lee., Jiri, J. Klemes., Lee, S. Chua, Mohamad, R. Sarmidi., dan Chee, W. Leow., 2017, *Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting*, *Int. J. of Environmental Management*:1-8, Doi:10.1016/j.jenvman.2017.04.019.
- [2] Gozan, Misri., 2015, *Pengantar Teknologi Bioproses*, Erlangga, Jakarta.
- [3] Bouallagui, H., H. Lahdheb., E. Ben, Romdan., B. Rachdi., M. Hamdi., 2009, *Improvement of fruit and vegetable waste anaerobic digestion performance and stability with co-substrates addition*, *Int. J. of Environmental Management* 90:1844-1849, Doi:10.1016/j.jenvman.2008.12.002.
- [4] Palomo-Briones, Rodolfo., Elías, Razo-Flores., Nicolas, Bernet., dan Eric, Trably., 2017, *Dark-fermentative bio hydrogen pathways and microbial networks in continuous stirred tank reactors: Novel insights on their control*, *J. Applied Energy* 198: 77-87. Doi:10.1016/j.apenergy.2017.04.051.
- [5] Yasin, Nazlina. H. M., Nor'Aini, Abd. Rahman., Hasfalina, Che-Man., Mohd, Z. M. Yusoff., dan Mohd, A. Hassan., 2011, *Microbial characterization of hydrogen-producing bacteria in fermented food waste at different pH values*, *Int. J. Hydrogen Energy* 36:9571-9580, Doi:10.1016/j.ijhydene.2011.05.048.
- [6] Fogler, H. Scott., 2000, *Element of Chemical Reaction Engineering Third Edition*, New York. Prentice-Hall
- [7] Ghorpade, Rajeshri., dan Pranali, Gode., 2015, *Solid Waste Management By Effective Micro-Organism Technology*, *Bionanofrontier* Vol. 8(1) Jan-June. Access: <http://bionanofrontier.org/wp-content/uploads/Vol8-1/6>.
- [8] Soobhany, Nuhaa., Romeela, Mohee., Vinod, K. Garg., 2017, *Inactivation of bacterial pathogenic load in compost against vermicompost of organic solid waste aiming to achieve sanitation goals: A review*, *Int. J. Waste Management*, Doi:10.1016/j.wasman.2017.03.003.